

**« User Community Dynamics at a Large-Scale
Research Infrastructure: Comparative Insights from
Two Cases at the SOLEIL Synchrotron »**

Auteurs

Arman Avadykian, Kenza Bousedra, Sandrine Wolf

Document de Travail n° 2025 – 51

Décembre 2025

**Bureau d'Économie
Théorique et Appliquée
BETA**

<https://www.beta-economics.fr/>

Contact :
jaoulgrammare@beta-cnrs.unistra.fr

User Community Dynamics at a Large-Scale Research Infrastructure: Comparative Insights from Two Cases at the SOLEIL Synchrotron

Arman Avadykian^a, Kenza Bousedra^{a,*}, Sandrine Wolff^a

^a BETA, Université de Strasbourg, Strasbourg, France

Email addresses: k.bousedra@unistra.fr, wolff@unistra.fr, avady@unistra.fr

* Corresponding author at BETA UMR 7522, Université de Strasbourg, CNRS, INRAe, 61 Av. Forêt Noire, 67000 Strasbourg, France

Abstract

This article analyzes the role of large-scale Research Infrastructures (RIs) in structuring the scientific landscape through the study of the dynamics of their academic user communities. We adopt a qualitative, meso-level approach to understand how an RI influences the emergence and evolution of scientific collectives. The study relies on a comparative analysis of two cases at the SOLEIL synchrotron facility: the biomedical sciences user community and the quantum materials user community. Drawing on a theoretical framework built from the literature on the social and scientific impacts of RIs, as well as on communities of practice and social networks, the analysis reveals two contrasted dynamics of community development. The biomedical community, which is emerging, is characterized by high heterogeneity, weak ties, and an individual mode of instrument appropriation that relies on *boundary spanners* to bridge the gap between the clinical world and the research infrastructure. In contrast, the quantum materials community, which is more mature, exhibits a collective mode of appropriation marked by strong ties, high visibility, and the integration of RI scientists as full scientific peers. These results highlight two distinct trajectories in the structuring of scientific communities around a large-scale instrument: the convergence of pre-existing disciplines on the one hand, and, on the other, the emergence of a new specialized branch within an established scientific community through the progressive specialization of some of its members.

Keywords:

Research Infrastructures, Meso-Level Evaluation, Qualitative Method, Case Study, Scientific communities, User communities, Knowledge Communities, Communities of Practice.

JEL Classification: O32, O38

Contents

1	<i>Introduction</i>	3
2	<i>Literature review and conceptual framework</i>	5
2.1	The literature on social interactions within and around RIs	5
2.1.1	RIs as Science – Industry network drivers	6
2.1.2	The RIs as hubs of communities	7
2.1.3	RI user communities and networks	9
2.2	A conceptual framework based on knowledge communities and social networks	14
2.2.1	Elements of the theoretical framework: definitions	14
2.2.2	Cognitive dimension	17
2.2.3	The structural dimension	17
2.2.4	The contribution of social network analysis Intercommunity networks and the role of key players	18
2.2.5	A simplified conceptual model combining RI diffusion mechanisms and characterization of user communities	22
3	<i>Methods</i>	23
3.1	Research Design and Case Study Rationale	23
3.2	Case selection	24
3.2.1	The SOLEIL synchrotron	24
3.2.2	A comparative case design: communities from biomedical sciences (biomed) and quantum materials (QM)	25
3.3	Data collection	25
3.3.1	Interview protocol	26
3.3.2	Biomed case	26
3.3.3	Quantum Materials Case	27
4	<i>Results</i>	28
4.1	Evaluation of impact mechanisms	28
4.1.1	Experimentation at SOLEIL	31
4.1.2	Individual Initiatives and Pilgrim Baton Mechanisms in biomed	31
4.1.3	The importance of standard community mechanisms in Quantum Materials	32
4.2	Community characterization	33
4.2.1	Development: Size and Diversity of the user groups	33
4.2.2	Knowledge: Identity, Science and Technology	36
4.2.3	Network structure	37
5	<i>Discussion and policy implications</i>	38
	<i>References</i>	40
6	<i>Appendices</i>	44

1 Introduction

This paper investigates the role of research infrastructures (hereafter RIs) in structuring the scientific landscape by analyzing the dynamics of their user communities. RIs, such as synchrotron facilities and other particle accelerators (heavy ions, neutron generators, hadron colliders, XFELs, etc.) are places that concentrate ingredients for scientific excellence, paving the way for major scientific discoveries and leading to advanced technological developments, notably in instrumentation. They can be defined as “facilities, resources and related services that are used by the scientific community to conduct top-level research in their respective fields” (European Council, 2009:4). These sophisticated facilities are characterized by high technical complexity and long expected lifespans (Del Bo, 2016). Their development and operation require substantial investment, dedicated personnel with a high level of expertise, and significant operating costs, most of which are supported by public funding. Conceived to promote advanced knowledge production, RIs hold strategic importance for Science, Technology and Innovation (STI) policy (Cramer et al., 2020). At the European level, the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) contributes to the development of the European Research Area by defining long-term objectives and identifying new research infrastructures of interest (ESFRI, 2006).

Despite their importance in research systems and for science policy, the role of RIs in the evolution of scientific communities remains poorly addressed by the academic literature. In the economics of science, existing research has so far primarily focused on assessing the socio-economic impact of these facilities. Some of these evaluations apply cost-benefit analysis (CBA) to RIs, a standard approach for quantifying in monetary terms the social costs and benefits associated with investment in specific research projects (Battistoni et al., 2016; Del Bo, 2016; Florio, 2019; Florio and Sirtori, 2014). These studies are valuable to evaluate the monetary returns on public investment but pay limited attention to how RIs shape the scientific practices and collective research dynamics.

Another, still emerging but more relevant to our research, strand of the literature on RIs examines their impact on the scientific output. Several studies adopt bibliometric approaches to measure from an individual perspective the scientific production associated with these facilities and its diffusion using quantitative metrics such as publications and citations counts (Carrazza et al., 2016; Lu et al., 2024; Qiao et al., 2016). To further assess the effects of RIs on scientific activity, studies extend bibliometric analyses by examining citation networks (Avadikyan and Müller, 2016; Heidler and Hallonsten, 2015). Compared to standard bibliometric indicators, network-based analyses put greater emphasis on the collective nature of scientific activity and highlight the role of research infrastructures in fostering interdisciplinary collaboration.

Finally, the impact on scientific activity is also examined through the exploration of research infrastructures as spaces of social interaction. Qualitative studies in the sociology of large-scale facilities emphasize the social dimensions of these infrastructures and show how they enable and structure specific forms of coordination and interaction among collectives of scientists. In his seminal work, Shinn shows that the specificity of scientific instruments lies in their ability to generate “interstitial communities” composed of scientists coming from diverse institutional

backgrounds (universities, industry, etc.) and crossing disciplinary boundaries (Joerges, Shinn, 2001). These communities contribute to the development of generic instrumentation and promote cross-disciplinary processes of knowledge production. In his analysis of transmission electron microscopy in Germany, Lettkemann (2017) extends Shinn's approach on the characterization of communities within research infrastructures, noting their shared objective of developing a polyvalent instrument and opening its use to a broad scientific landscape. Finally, Simoulin's analyses of synchrotrons show that these facilities, while technologically complex, are characterized by a high degree of flexibility in use. They are intended to different disciplinary communities that do not initially seek to harmonize their scientific practices (Simoulin, 2012). This flexibility in terms of use stems both from the way the equipment is designed and developed, and from the evolution logic of synchrotrons, which operate through successive technological generations (Simoulin, 2007).

This work extends network analyses and social studies of science by shifting the analytical focus onto the RI user communities. Our aim is not to measure the impact of RIs from the perspective of outputs (publications or citations), but rather to analyze the knowledge creation process and the structuring of collectives that takes place around the RIs. Furthermore, we are interested not in the internal RI communities (instrument scientists, permanent staff) but in the groups of scientists who use the equipment. While recent work has analyzed the mechanisms and types of collaboration between instrument scientists and external users, focusing on individual dimensions of expertise and co-development focus (D'Ippolito, Rüling, 2019), they do not address the structuring role of the infrastructure on scientific user communities as collectives. The purpose of this work is to examine how RIs shape the dynamics, composition, and trajectory of their scientific user communities. More specifically, we seek to understand to what extent and by what mechanisms the use of an RI contributes to the emergence, transformation (growth or change), or consolidation of these scientific communities.

In this paper, we examine the scientific communities that use the SOLEIL synchrotron for their research. We define scientific or knowing communities as "groups of people linked by common interests [in the creation of knowledge] who interact regularly and share information, primarily in informal, unorganized ways and often across organizational boundaries and outside the usual lines of authority." (Harvey et al., 2015). The French synchrotron SOLEIL provides a particularly relevant empirical field for studying scientific communities. As a single-site, multidisciplinary research infrastructure, it includes a wide range of experimental beamlines within the same facility and makes them accessible to external users. Access to academic researchers is based on a competitive peer-reviewed proposal system, which brings together groups of scientists working on a same project around shared instrumentation. Moreover, SOLEIL operates as an open-access, open-technology facility: its experimental platforms, data-production capabilities, and the technical expertise are made available to the international research ecosystem.

The remainder of the paper is organized as follows. Section 2 develops the literature review and introduces the conceptual framework, drawing on studies of research infrastructures as socio-technical platforms and on theories of knowledge communities and social networks. Section 3 presents the qualitative research design, the case selection, and the data collection and method. The fourth section of the paper reports the empirical results. We first identify and

evaluate the mechanisms through which SOLEIL shapes the dynamics of its user communities. We then provide a comparative characterization of the biomedical and quantum materials user collectives in terms of size development, knowledge, and network structure. Finally, Section 5 discusses the main contributions of our work and provides implications for science and technology policies.

2 Literature review and conceptual framework

Since the 1970s, a number of meso-analytical studies have analysed the structuring of collectives (groups, communities, networks) around new research instruments, eventually leading to the creation of new disciplines and sub-disciplines (Mullins, 1972; Law, 1973; Lenoir & Lécuyer, 1995; Mody, 2006; Shinn, 1997; Molyneux-Hodgson & Meyer, 2009). This body of work has documented how scientific instruments can be at the origin of the creation of new research domains. It has also shown the virtuous cycle that scientific instrumentation can generate, notably through collaboration, mobility of researchers and technology transfer within science and between science and industry (von Hippel, 1976; Rosenberg, 1992, Franzoni, 2009).

Nevertheless, few studies address the social interactions, networks and communities related to the specific case of large RIs, and even fewer examine their impact on the structuring of the scientific communities that use them. This is all the more surprising given that these unique, large-scale, technologically advanced instruments have features that are extremely relevant when analyzing phenomena such as knowledge creation by evolving collectives of users : (i) large RIs are open, or even dedicated, to external users, and, (ii) these users come from a wide range of disciplines, making these large instruments ideal places for multidisciplinary exchanges and creativity.

As mentioned in the introductory section, the effects of RIs on Science are often reduced to their scientific outcome, that is, the publications at the level of individual researchers. In what follows, we set aside these works to focus on contributions that adopt an explicitly dynamic approach (i.e., that examine the creative **process** rather than its **outcome**) and/or that develop a **meso level of analysis** (i.e., the level of collectives, teams, networks, and communities), which we consider to be the most relevant in science.

This section first reviews the literature on large research infrastructures that may shed light on their social interactions and impact at the meso-analytical level, in particular their central role in networks and communities related to science and innovation (§2.1). Secondly, it draws on various concepts from the literature on knowledge communities (epistemic and practice communities) and social networks that we believe are relevant for developing a framework for analyzing the dynamics of RI user communities (§2.2).

2.1 The literature on social interactions within and around RIs

The clustering of scientific equipment within RIs, the skills associated with them, their availability to external users, hence their potential for associating heterogenous entities, make them socio-technical arrangements able to boost scientific work (Merz & Biniok, 2010), both thanks to the research perspectives they offer as well as the social interactions they stimulate.

Depending on the authors and their particular focus, RIs will be considered either as drivers for networks between science and industry, or as platforms located at the interface of various communities, with all the advantages that this represents in terms of social capital and creativity. In particular, they develop privileged relationships with their user communities, both during their construction phase and during their operational phase.

2.1.1 RIs as Science – Industry network drivers

Several contributions, most of which focus on Science-Industry relationships, point out the role of RIs as boosters for networks and collaborations. Horlings et al. (2011), in their review of the empirical evidence on the societal footprint of large research facilities, deduce that their main effects are to create a learning environment fostering collaborations between scientists, users and industry (while only moderately ensuring more standard objectives in terms of promoting immediate and direct technological innovations, or attracting talented researchers). The complexity and wide variety of technologies used, and the knowledge embodied in the design and construction of RI systems, require the involvement of - and interaction with - many research laboratories and high-tech companies (Hallonsten and Christensson, 2017a; Hameri, 1997, Autio et al. 2004, Bach & Wolff, 2017)).

Merz & Biniok (2010), focusing on Science-Industry relations during the building phase of Swiss technological platforms, characterize the SLS synchrotron as a « springboard platform for future action ». By participating in the technology R&D process behind the big instruments, RIs, as 'lead customers', give industrial partners access to the broad range of scientific and engineering skills they hold. They also provide their industrial partners with numerous technological opportunities, which eventually leads them to achieve "high jump" innovations (Hameri, 1997).

Autio et al. (2004), in their study of the positive effects of the collaboration between industrial specialized suppliers and CERN, show how the building of "structural social capital" with CERN enabled three of its suppliers to significantly increase the scope and diversity of their social network. This includes access to the vast international RI network, the possibility of attracting new customers by using CERN as a reference, access to the RI network and scientific community and the RI's ability to dynamically forge collaborative networks around innovative projects. Similarly, Zuijdam et al. (2011) underscores the role of social capital (shared values, mutual trust) as a learning environment favorable to knowledge creation and exchanges, in a value-chain network where RIs act as co-developers and early customers for new products offered by high tech private companies.

Vinck (1999) has examined the role of RIs as "intermediary objects" characterised as "supports, vectors, materializations or mediatizations of interactions" revealing the "networks of flows or associations" between actors. Based on the case of the Joint Research Centre (JRC), the author describes the network dynamics triggered by the RI following the decision to diversify the use of its high-flux nuclear reactor towards the production of radioisotopes for the health sector. What was initially a relatively loose and informal network, evolved through the confluence of various factors and initiatives (strategic reorientation of the JRC, a European call for tenders in the health sector, mobilization of user laboratories, etc.) into a tight network around the RI, which both shaped the connections between the actors and was shaped by them. As platforms

that facilitate encounters and interactions between scientists and other actors, RIs can be considered as "intermediary" or "boundary objects" (as defined by Star & Griesemer, 1989; Star, 2010) which impact the evolution and structure of networks around them.

Concerning also the structure of the networks generated by large RIs, Quiao et alii (2016) observe that, in the case of 9 large Chinese RIs in the design and building stage, S-I networks are characterized by repeated and dense connections within a closed group of companies and labs with a clearly defined purpose. The same authors add that, in the operation phase, as the RIs achieve their main mission, that is, to "provide services for a wide range of scientific communities", RIs network structure evolves towards "open, episodic and fluid networks", more or less "akin to an invisible college" (Quiao et alii, 2016, p.109).

Before examining further the impact of RIs on networks and communities of users, it is interesting to look at another part of the literature on RIs, dealing not with networks but more specifically with communities: the sociology of large facilities which addresses their internal communities and sheds light on their proactive role as hubs for diverse communities.

2.1.2 The RIs as hubs of communities

Science and technology (S&T) studies have highlighted the central role played by scientists in the development of new research technologies (de Solla Price, 1968, 1984; Rosenberg, 1992). Whether in scientific apparatus, techniques or methodologies, the efforts deployed to design and develop them account for a considerable part of the scientific activity.

The sociology of science, and more specifically laboratory studies (Latour & Woolgar, 1991, Knorr Cetina, 1996, Carroll-Burke, 2001, Hackett et al. 2004), have shown the importance of scientific instruments in shaping the identity of researchers, laboratories, and disciplines. These studies focus on the "material culture of scientific practice" (Carroll-Burke, 2001), showing that it is an essential component of the "epistemic culture" of research communities (Knorr Cetina, 1996).

By delving deeper into the role of instrumentation in scientific production and culture, Joerges et alii (Joerges & Shinn, 2002; Marcovich & Shinn, 2012) highlight the characteristics of a distinct community, which is located at the interface science and industry: the "research technologists", a technico-instrumental community, whose properties seem very appealing and relevant when considering RI staff and /or internal communities.

From the "research technologist"...

Shinn's "research technologists" conduct research activities about multipurpose technologies, mainly instruments and methods, which are used to produce both scientific knowledge and other goods. These researchers have three salient features: their quest for the genericity of scientific instruments, their interstitial positioning, and the use of metrology as a common practice and language.

Genericity allows to ensure that instruments can be tailored to a wide range of specific research fields. Interstitial positioning corresponds to the socio-organizational counterpart of genericity : throughout their careers, the research technologists associate themselves with a wide range of professions, institutions, and scientific fields. They transcend institutional boundaries and

establish bridges connections between different fields. The temporal organization of the community is summarized by the "dis-embedding / re-embedding" cycle. During the (re-) embedding phase, close relationships are established with users to customize instruments. During the dis-embedding phase, the research technologists seek to escape the narrow specialization of disciplines/institutions. Dis-embedding thus takes place in an autonomous space, where efforts are focused on the genericity of tools, while valorising the knowledge acquired through the embedding phase. This autonomy is reflected in the regular crossing of organizational and institutional boundaries within and between different sectors to draw inspiration out of a rich pool of ideas and sources. The resulting progress in generic upgrades restarts the cycle. With each renewal, the scope of application expands. The third feature, metrology, defines both a practice and a language. The practice focuses on the quality improvements of scientific instruments in terms of precision and performance. At the same time, a language emerges from this practice through new terminology, new codes (units of measurement, representations, protocols, etc.) and hence a new understanding of the studied objects. Through the dissemination of their instruments, the community of research technologists contribute to the emergence of a common language between worlds that are usually separate. Interestingly enough, this common language holds most of the characteristics of the boundary objects, including their "interpretative flexibility" (Star, 2010).

These organizational and epistemic attributes enable the community of scientific instrument researchers to be identified as belonging to a transversal regime of science, in contrast to the disciplinary regime. Their efforts to disseminate their instruments, the underlying languages associated to these instruments and the experience gained from their use create a cross-disciplinary understanding between different scientific fields and improve the potential for interaction and synergy between actors coming from different backgrounds.

...To the communities within and around RIs

More recent contributions have focused on RI staff and especially RI engineers and scientists. Lettkemann (2017) applies the conceptual framework developed by Shinn to the case of an RI, the nuclear magnetic resonance. Unlike the research technology community, RI internal communities are characterised by a high level of visibility and a strong institutional identity (communication campaigns, scientific councils, selection committees). As a result, the organisation of work takes on forms that are both more collective and bureaucratic, essential, on the one hand, for coordinating the development and operation of the RI, a complex techno-organizational system, and, on the other hand, for regulating the access to and selection of the external users to the scientific facility. However, beyond these differences, the two communities (research technology and RI) are similar in their desire to contribute to the production and dissemination of generic instruments, transcending disciplinary boundaries. This explains why we find in RIs something similar to the "embedding / dis-embedding phases that defines the R&D process for research technology. There is however a notable difference, in that the process takes place within RI borders and does not rely on the mobility of the research technologists but on the mobility of the users coming to the RI for their experiments. Nor does it necessarily follow a sequence of phases over time.

In the same line of ideas, Simoulin (2007, 2012) uses the case of the European synchrotron ESRF to highlight how the multi-community context (intra-synchrotron communities, user communities and inter-synchrotron communities) shapes the RI's organisational dynamics. Focusing on the identities of the two main groups in charge respectively of the accelerator and the beamlines, the author shows that differences between these two groups (their practice, professional culture, norms and values), far from being a source of dysfunction, contribute to the overall coherence of the organisation. This coherence is based on the shifting hierarchy and continuous balancing between **integration** (the main objective of the accelerator group) and **differentiation** (the main objective of beamline teams) (Simoulin, 2007). Given the growing heterogeneity of user communities and the evolution of their scientific equipment needs, collective processes, both technical and organisational, play a key role in exploring / exploiting RI's potential for flexibility and genericity. On the technological side, the accelerator is the generic machine around which several differentiated beamlines are designed, and each beamline evolves in its characteristics and combines several uses during its lifecycle. On the organisational side, collective learning takes place at several levels: (i) at the beamline level and through its interaction with different user communities; (ii) between the beamlines and their interactions with the accelerator group; and (iii) between the synchrotrons, which, because of their distinctive technical positioning, are sources of inspiration and learning for each other (Simoulin, 2012).

To summarize the main points discussed so far, we can say that the technological evolution of large RIs is the result of a constant trade-off between the quest for genericity of instrumentation and customization to the needs of different external users. Solving this trade-off relies primarily on the outstanding capabilities of RI internal communities, which are themselves linked to their interstitial positioning at the interface of other communities. Nevertheless, these other, "external" communities are not at the core of the contributions mentioned above. Especially the communities and more generally the collectives or networks of users remain to be described and analyzed in a dynamic perspective.

2.1.3 RI user communities and networks

The literature on RIs highlights the prominent role played by certain user communities in the design and building phase of an RI. This is particularly true in the case of synchrotron facilities, where the lead users not only contributed their expertise but even took the initiative to adapt instruments that were initially conceived for other purposes. This may explain why these facilities subsequently opened up to new uses and are still systematically seeking new user communities today. The diversity, multidisciplinary, and heterogeneity of their user groups are therefore not surprising. While the dynamics of these collectives and user groups are fairly well documented for the creation phase of an IR, this is not the case for the operational phase. Nevertheless, we have found a few relevant studies analyzing either the structure of their co-authorship network or the micro-mechanisms through which these collectives develop. All these contributions are presented below.

The involvement of users' communities at the building phase

User communities play a major role in the international development of the successive generations of synchrotrons (Simoulin, 2016). The first generation resulted from the diverted use, in the 60's and 70's, of early particle accelerators (initially intended for high-energy physics) by materials physicists, interested in the properties of the “parasitic” radiation (emitted by electrons in the circular trajectory of the accelerators) to characterize their samples. These pioneering users then opened up to other communities, notably chemists and biologists working on the structure and properties of matter, to improve the experimental beamlines and conduct their experiments. The second generation, starting in the 80's, saw a major transformation of existing equipment, which promoted the development of uses in molecular biology: the introduction of insertion devices that made it possible to multiply the number of beamlines while increasing the intensity of the beams. The 3rd generation, based on an important technological innovation, that is, the insertion of undulators all along the accelerator's ring, was designed and built by a rather structured community coming from the users of the previous generation. It led to the inception of ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) and the US and Japanese projects in the 90's. At the beamline level (i.e. the interface with the users), the introduction of imaging techniques attracted new user communities, for example in the fields of medicine, or ancient materials and archaeology. It is worth noticing that the contribution of lead users (as defined by Von Hippel, 1976) remained highly sought during the beamline construction phase.

The high degree of users' involvement is also highlighted by Hallonsten and Christensson (2017a, 2017ba) in the case of the Swedish synchrotron Max-Lab. This synchrotron was developed within the frame of condensed matter physics research, a community of lead users who had a strong expertise in the development of instruments, and contributed early to Max-Lab instrumentation. This created a standard for subsequent users, “also welcome to contribute to design, construction and development of new equipment at MAX-lab” (Hallonsten and Christensson, 2017, p. 92).

Both Simoulin (2016) and Hallonsten and Christensson (2017) clearly show that the technological development of synchrotrons, from the outset, has been achieved through collaborations with lead users and openness to skillful and interested communities. In the case of third-generation synchrotrons, this has even turned into genuine strategies for systematically seeking out new applications, for industrial users as well as some academic user communities unfamiliar with large instruments.

While the involvement of the most knowledgeable synchrotron user communities is well documented in the literature, this primarily concerns the design and construction phases of these large RIs. The evolution of user communities as such, especially during the operational phases of the beamlines, is hardly addressed. Nevertheless, their co-authorship network structure, as well as the micro-mechanisms and channels for disseminating the use of synchrotrons in various scientific fields, which are of particular interest to this paper, are increasingly mentioned in the literature. We present both of them in the following section.

The development of users' groups and networks at the operational phase

Regarding the operational phase, the RI's mission to provide access to scientific instruments for a wide variety of heterogeneous users from different organizations and disciplines helps to create an inter-organizational collaboration dynamics around experiment platforms. The shared use of the RI in a multidisciplinary context, its genericity (Söderström et al. 2022), offers the possibility of information exchange and cooperation both between the RI and its users, and between the users themselves.

In line with Quiao et al. (2016) assimilating RI networks during operation to an invisible college, there are a few recent studies applying social network mathematical tools (cf graph theory) to the co-authorship networks of RI users. Although they only take into account a limited part of the collaborative process (the part that succeeds and materializes in publications), they help to characterise the impact of RIs on the structure and evolution of collaboration networks.

Lozano et al. (2013) focus on the process of emergence of a community around the archaeological complex of Atapuelca. They identify a small central group of experienced players around which a set of peripheral players from different disciplinary backgrounds gravitate and interact. The centrality of the group stems both from the attraction it exerts, through its skills, on the peripheral actors and from the connections it helps to establish between them.

Three other contributions focus on networks between scientists and synchrotron users. Heidler & Hallonsten (2015) use "facilitymetrics" applied to the case of LCLS¹, as well as discipline-citation networks to identify two main community structures (in the sense of highly related nodes in a graph, as defined by Fortunato & Castellano, 2007; or Blondel, 2008): a physics-oriented community and a biology-oriented community. Their analysis shows that the RI is at the intersection of biology and physics, with optics and applied physics as bridging disciplines.

Through a bibliometric study of two beamlines at the Soleil synchrotron (the Proxima X-ray beamline and the SMIS infrared beamline), Avadikyan and Müller (2017) show that each beamline contributes to the scientific creativity of its users through different interaction modes. A comparison of the co-publication networks of the two beamlines suggests that the X-ray beamline is primarily focused on the crystallography community, whereas the infrared beamline collaborates with users from a variety of disciplines. The infrared beamline offers relatively new experimental approaches to biomedical users and is therefore characterised by close interaction and joint knowledge creation between these users and beamline scientists. These collaborations are necessary insofar as the experimental devices are new and help to promote their diffusion. On the X-ray beamline, which in most cases is based on well-established automated experimental practices, collaboration (as reflected in co-authorship) is less frequent.

¹ LCLS is a free electron laser facility built on a recent extension of the original SLAC National Accelerator Laboratory (SLAC being the acronym for Stanford Linear Accelerator Center). LCLS was the first free electron laser to deliver x-ray, opening up a wide range of experimentations in materials and life sciences.

In a more recent study, Silva et al. (2019) consider the case of the SLS synchrotron, to compare the characteristics of the co-authorship networks of two types of users' publications: those co-authored with synchrotron staff (internal publication, IO) and those that are not co-authored but are nevertheless due to synchrotron use (external publication, EO). The results indicate that the IO network is highly connected and involves inter-institutional collaborations, while the EO network is made up of rather isolated communities. Moreover, in the IO case, connectivity remains high despite the expansion of the network over time, meaning that collaborations are renewed, thanks in particular to the participation of RI members. Conversely, in the EO case, the extension of the network increases the number of isolated communities. The article emphasizes thus the role of RI members in creating long term collaborative links.

While these bibliometric studies show the relevance of social network analytical tools to explain the structure of TI user communities, they do not grasp the submerged part of the collaborative iceberg, ie the part not included in publications. What is the impact when the scientific outcome is not a journal article ? Or in case of failure ? More importantly, what are the mechanisms of the collaborative process ? To what extent does co-authorship represent a strong tie, i.e. an actual collaboration ? In order to overcome these limitations, more qualitative analyzes are required, as those proposed by Hallonsten and Christensson (2027), or d'Ippolito and Rüling (2019).

The ex-post impact analysis of the Swedish synchrotron Max-Lab by Hallonsten & Christensson (2017a) highlights the role of the RI as a "key node" in the network. The authors show the importance for the synchrotron to mobilize and maintain extensive relationships to attract users and **support** their research activities. They stress the role of **social events, such as conferences, user meetings and educational activities**, in making the RI a networking forum encouraging contacts and exchanges of knowledge and experience between scientists. These events are seen as **outreach** operations, i.e. as opportunities to raise user awareness of the synchrotron's potential, and are intended to structure and develop user communities. Particularly **young scientist users** constitute a talent pool for **recruitment** and contribute to the long-term capacity of the RI. For many users, the synchrotron becomes "an entry ticket into the international scientific arena, where important **collaborations** are being set up".

Collaborations between RI users and members are also the central theme in the contribution by d'Ippolito and Rüling (2019). Based on the example of the Institut Laue-Langevin, a neutron source located in Grenoble, they show that modes of collaboration and their dynamics result essentially from the combination of two factors: (1) the expertise gap between instrument scientists and users, and (2) the convergence of interests between these two types of actors to co-develop projects. This leads to distinguish four modes of interactions² that may impact network and community formation:

- **the full-service approach**, through which instrument scientists help new users to carry out experiments and to analyse data. In this configuration, devices are standardised as far as

² The authors refer to collaborations rather than interactions, but we prefer to use the term interactions in order to clearly distinguish between support services for experiments (full-service mode and instrument service mode) and genuine collaborations where all parties interact and contribute to the outcome.

possible, and experiments are often of short duration. The RI aims to increase the variety and number of users. The resulting network is thus dispersed and loose. This model is nevertheless likely to be the starting point for complementary collaborations;

- ***the complementary collaboration mode*** combines the scientific expertise of users and RI scientists. The involvement of PhD students and other collaborators of users contribute to the gradual development of a wider collaboration network. Over time, some users acquire expertise that enables the collaboration to evolve into the next mode;

- ***the instrument service mode*** involves users who have become technically autonomous. Upstream interactions with experienced users focus on their requirements and the sharing of experience they have accumulated from other neutron sources;

- ***the full collaboration*** between peers, which goes beyond experimental projects (complementary collaboration) to include co-development of scientific instruments. RI users and RI scientists invest the same theoretical fields and questions and develop a sense of belonging to the same scientific community.

According to the authors, learning processes steer the different interaction modes from one type to another without these transitions being systematic (insofar as they also depend on the context, i.e. instruments characteristics, personality of the researchers and RI policies). They suggest that the balanced development of the RI depends on the coexistence of these different modes. Coexistence contributes to the expansion, renewal and consolidation of user communities, and to RI evolution and upgrades.

Based on our knowledge of the research infrastructure field, the four modes described by d'Ippolito and Rüling (2029) seem particularly relevant to other single-site multidisciplinary infrastructures such as synchrotrons. Nevertheless, we make a clear distinction between support services for experiments and genuine two-way collaborations, the latter being, in principle, much more conducive to learning and innovation than the former.

Based on the above discussion, for our empirical analysis we will take into account the following mechanisms – or diffusion channels - to create, develop and maintain RI's user communities :

- Support by RI staff (e.g. beamline scientist in the case of a synchrotron) for the user's experimentation, in line with d'Ippolito and Rüling's service modes;
- Formal or contractual collaboration, either with RI's scientists, or with other users;
- Outreach operations and social events (including user meetings and training sessions);
- Longitudinal transmission to young users such as PhD students and Postdocs;
- Recruitments of users and/or RI experts, either by the RI or by a lab of the user community.

To conclude this review about RIs' networks and communities, we would like to point out some limitations in the literature. First, most contributions by scholars in sociology about users' communities focus specifically on the construction phase of the research infrastructures, and neglect the dynamics of user communities afterward, i.e. during the operational phase. Second, most studies about the users during the operational stage deal with networks rather than user

communities. Finally, the terms "network" and "community" are often poorly defined and used interchangeably, which leads to confusion. Part of the next section is precisely devoted to a better definition of these theoretical concepts.

However we have found some very relevant contributions on the mechanisms for developing user communities (support for experimentation, collaborations, outreach, training, events, etc.), which RI management can activate in order to attract new users and optimize the use of large-scale research facilities to reach almost their full capacity.

2.2 A conceptual framework based on knowledge communities and social networks

This section aims to provide theoretical foundations for a better understanding of the driving role of RIs and other determinants in the development of S&T (science & technology) communities. For this purpose, we go beyond the literature on RIs discussed so far, drawing on two strands of more general literature which, although complementary, are rarely combined in the study of the dynamics of knowledge creation and innovation: that of knowledge communities, particularly communities of practice (CoP), from management studies (Wenger, 1998; Brown & Duguid, 2001), and that of social networks applied to innovation, from sociology (Burt, 1997, Granovetter, 1985, Coleman, 1988).

Indeed, these different streams of works provide us with useful meso-level concepts, while taking into account the most significant characteristics of S&T groups, communities or collectives associated with a synchrotron. As already mentioned these collectives are **knowledge-creating** entities, devoted to produce scientific as well as technological outputs. Second, they are also groups of actors **with common practices**, here around a large instrument. What is at stake here is technological (possibly tacit) know-how, learning by using and experimental practices by RIs' users or staff members. Therefore, it is appealing to resort to work in management science about communities of practice and other knowledge communities, rather than scientific communities *stricto sensu*. Third, these actors, groups and collectives are embedded in complex, intricate and co-evolving **networks of interactions**. Hence another aspect of our reflection relates to the structuring role of very large RIs within certain scientific communities. In this respect, literature on social networks and innovation provides useful concepts and analytical tools that we extensively mobilize, such as strong and weak links, network brokers, or boundary spanners, to mention only the most relevant ones.

2.2.1 Elements of the theoretical framework: definitions

A couple of definitions of the main concepts are necessary for a better understanding of the rest of this paper.

First and foremost: what exactly do we mean by "community"? And "network"?

While a community can be considered a kind of network, the reverse is not true. All networks are not communities. For some authors (Dibiaggio and Ferrari, 2003), a community is a particular kind of sub-network, a clique, where all nodes are connected via frequent, bidirectional and/or direct ties, usually referred to as **strong ties** in the social network literature (Granovetter, 1985).

We agree that every community is formed by the bonds and interactions between its members, and therefore has a certain structure, but we contend that it cannot be reduced to a set of nodes and links. There is more to it than this structural vision: above all there is a shared identity related to a given domain of knowledge.

About communities

The key role played by communities in knowledge production and exchange has been widely emphasized and documented in organizational management and economic studies (see articles by Murillo (2011) and Amin & Roberts (2008) for literature reviews). Communities of practice have received particular attention since the pioneering work of Orr (1990), Lave & Wenger (1991) and Brown & Duguid (1991).

A knowledge community can be understood as a group of people united by skills around similar activities, who interact and exchange regularly with the common objective of developing, improving and disseminating knowledge in their field of activity (Boland and Tenkasi, 1995; Cohendet et al., 2004). These repeated exchanges lead to the creation of a shared identity. The cement of the knowledge community is ensured by adherence to social norms specific to the community.

In the literature, several types of knowledge communities have been identified and analyzed, such as communities of practice (Lave & Wenger, 1991, Brown & Duguid, 1991, Wenger, 1998), epistemic communities (Haas, 1992; Cowan et al., 2000), communities of innovation (Lynn, Reddy, & Aram, 1996), communities of specialists (Cohendet & Simon, 2007). The common denominator of all these communities is however to support and contribute to the collective accumulation and production of knowledge in a specific domain.

When talking about community of RI users, it seems that these communities have both the properties of a community of practice (CoP) and of an epistemic community (EC):

- Members are linked by common interest and practice (CoP) about the **deliberate** production of specialised knowledge (EC).
- They build a **common identity**, specific norms and values, through repeated interactions (CoP).
- Membership and social relations are based on voluntary commitment, expertise and **reputation** (EC).

Enhancement and creation of knowledge can involve both exploitation and exploration (Simon, 1990). The literature has generally associated communities of practice with incremental innovations and exploitation of a given base of knowledge (Cohendet & Simon, 2007; Cabanes et al., 2020). As for epistemic communities (Amin & Roberts, 2008; Cohendet et al. 2014), they have been associated with exploration activities, that is, the production of new knowledge. We will consider RI user communities to have both a practice and an epistemic dimension, incorporating both exploration and exploitation activities, with the trade-off varying over time and context, but also from one community to another depending on their socio-cultural characteristics (Cohendet & Simon, 2007; Bogenrieder & Nooteboom, 2004; Nooteboom, 2008).

Communities versus networks

Generally speaking, and although the two concepts are not necessarily antinomic, the literature distinguishes between networks and communities by pointing to somewhat different attributes: **identity** in the case of the community, and **connectivity** in the case of the network. Wenger et al. (2011) consider that community and network are both related to "*social structures in which learning takes place. The network aspect refers to the set of relationships, personal interactions, and connections among participants who have personal reasons to connect. It is viewed as a set of nodes and links with affordances for learning, such as information flows, helpful linkages, joint problem solving, and knowledge creation. The community aspect refers to the development of a shared identity around a topic or set of challenges. It represents a collective intention—however tacit and distributed—to steward a domain of knowledge and to sustain learning about it*".

	Community	Network
Distinctive characteristics	Shared Identity	Connectivity
Components members	Members are individuals	Members are individuals or groups of people (organisations, communities,...)
Objective What brings members together (interactions, values and norms) concerns the creation, sharing & dissemination of knowledge	Knowledge creation in a given field with an existing knowledge base Knowledge base shared and enriched by all members of the community	Knowledge creation between areas of knowledge that may be different (complementary) And which are not necessarily shared or sharable by everyone
Links Structure of interactions	Loose links Focus on the group as whole	Dyadic relationships Focus on the characteristics of links and network structure
Similarities About member entry/exit	Informal (in the sense of bottom up: voluntary entry - but must be validated by peers)	

Table 1: Characterization of communities and networks

Table 1 points out additional features, notably the similarity of the knowledge base created and the shared values in the case of communities, two aspects that are not necessarily present in the case of a network. Several works agree that network knowledge domains can be different and that they are rarely shared by all members. For many, it is even the complementarity of knowledge that underpins the value of forming a partnership or a network to carry out exploration activities.

In the rest of the paper, we adopt a dual analytical framework based on the knowledge/cognitive and structural dimensions of communities (Etzioni, 1996; Thompson, 2005; Lindkvist, 2005)³.

³ Wenger (1998), whose work is one of the most widely cited references on the subject, defines a community in terms of three main collective characteristics: (1) a mutual commitment that takes the form of regular interactions between members of the community; (2) a shared enterprise that enables them to collectively negotiate what their community is; and (3) a shared repertoire referring to common resources (materials, common language, etc.) developed over time and that enables the community to act more effectively. In Wenger's case, the structural aspect refers to the mutual commitment and the joint enterprise, and the cognitive aspect refers to the shared repertoire.

Both dimensions are essential to characterize a user community: on the one hand, the structural dimension mobilizes social network literature and helps to identify connections and ties between individuals and groups ; on the other hand the cognitive dimension highlights the coherence of the community through shared identity, values and socialization processes which guide the creation and diffusion of knowledge.

2.2.2 Cognitive dimension

The cognitive aspect reflects the community's identity and common frame of reference. These are shaped by the history and culture of the community, the collective cognition and shared vision developed over time. Collective identity also refers to the existence of behavioural norms that provide a base for coordination and common work. Community members often have identical backgrounds and share similar experiences and knowledge.

Knowledge resides and is embedded in community practices. Knowledge communities have a situated, contextualized and social approach to learning (Lave and Wenger, 1991; Brown and Duguid, 1991; Wenger, 1998; Carlile, 2002; Duguid, 2004). Learning is localized around particular problems encountered in each practice. These problems guide the creation of knowledge and the effectiveness of the learning process, and imply specialization of skills. The community's technologies, methods and heuristics play a central role during this process. Knowledge shared within the community has therefore a strong tacit dimension, making it difficult to articulate, to explicit and to communicate outside the community (Duguid, 2004; Lindkvist, 2005). Such knowledge can only be acquired, internalised and valued through a long period of commitment and practice, and by interacting closely and regularly with other members of the community.

Community learning can be envisaged essentially as a process of socialization in a community. The expression "legitimate peripheral participation" used by Lave and Wenger (1991) characterises the position and evolution of new community members. Such participation, and the learning it triggers in newcomers, transforms their identity into that of insiders. Becoming a member and acquiring legitimacy imply learning how a community functions, incorporating its practices and social norms, its history and traditions and mastering to what is collectively defined as the community's competence (Brown & Duguid, 1991).

2.2.3 The structural dimension

The structural dimension relates to the nature of interactions within the community. A community in the strong sense is characterized by frequent and dense relations of reciprocity and joint enterprise (Wenger, 1998). Such relations are closed to the notion of strong ties (Granovetter, 1973). **Strong ties** are built on commitment of relational resources (Capaldo, 2007) that are necessary to share experience, transfer complex and tacit knowledge, and develop a common language (Uzzi, 1997; Hansen, 1999).

Communities are also self-organizing and informal entities, clearly distinguishable from more formal, hierarchical units (Bogenrieder & Nooteboom, 2004; Cohendet & Simon, 2014). Brown & Duguid (1991, 2001) emphasise the importance of storytelling and spontaneous collaboration within communities. Storytelling, for example about the successes and myths of key founders, helps to forge a joint enterprise and provide shared guidelines at the community level. Informal

spontaneous collaboration help the members to share their experiences and dilemmas at the micro-level to handle unforeseen and ill-defined situations, to discuss their problems and seek advice and solutions. In so doing, community members enrich the collective interpretation and knowledge of the concrete circumstances of their activity. Spontaneous collaborations help members to form flexible groups according to the problems to be solved.

Alongside this strong definition (assuming mutual commitment between members), Brown & Duguid (2000, 2001) characterised communities in a broader sense by referring to networks of practice/knowledge made up of members belonging to different organisations but working in a similar field or discipline. As the community is more loosely defined, its boundaries do not necessarily correspond to organizational boundaries. Most people in such networked communities, rarely meet or even don't know each other, but are able to share specialized knowledge because of their common practice. The transformation of knowledge, from tacit to codified or explicit (Nonaka, 1995), primarily helps to create the devices needed to overcome, in such loose collectives, spatial distance (to disseminate knowledge) and temporal distance (to memorize and accumulate knowledge). In their classic contribution, Price & Biever (1966), for example, used the notion of the "invisible college" as a network made up of a small community of scientists cooperating with each other on a regular, active basis, and a population of collaborators forming the transient, loose part of the network.

As Dibiaggio & Ferrary (2004) point out, while spatial proximity, high frequency of interaction and strong, dense ties are essential for shared culture and values to emerge, once a certain threshold has been reached, communities of practice tend to become institutionalised through, for example, the publication of specialised journals or conferences. Beyond localised links, an expanding knowledge community may adopt more institutionalised modes of interaction over time, always with the aim of reinforcing its identity and improving the efficiency of its knowledge production process.

2.2.4 The contribution of social network analysis Intercommunity networks and the role of key players

To explore the dynamics of communities around an RI, we rely on the literature about social network analysis. According to this approach, networks are defined by the characteristics of their nodes (i.e. individuals, organizations, communities), the links between these nodes and the meso/macro structure of the network. Combining scholars' works on communities and networks is useful for several reasons. First, as described just above in section 2.2.3, the synchrotron facility is a place where a loose group of users may evolve, become more and more structured, and crystallize to **form a tight network or a even a new community**. Second, it looks like an ideal place for the **networking of distinct communities** via the share of a common instrumental practice. Third, the social network literature has developed interesting concepts of key network nodes, that is, playing a critical bridging role in a network, such as network brokers, knowledge brokers or boundary spanners, in addition to the already mentioned boundary object (cf. section 2.1.2).

Intercommunity networks

The RI is a hub where several S&T cultures and communities meet each other, interact, and eventually start collaboration and work together. The structuring of networks reflects the dynamic interactions initiated and developed between these different communities, which ultimately may lead to the emergence of new communities (through for instance common projects between members of different communities, prospects for joint activities etc.). Other possible trajectories of evolution might include the establishment of a sub-group with distinctive properties, the merger of two previously distinct groups, etc. Communities both emerge from and shape network relationships.

Social network research (Burt, 1995; Coleman, 1988; 1973), 1973) highlights the importance of links and network structures in innovation processes. The value of social networks lies in their potential to connect different communities, with the aim of combining in creative ways their different knowledge bases. The intensity of social ties (weak / strong), the structure of networks (dense / loose / diversified / homogeneous), the type of social capital developed (individual / collective) all play a role in accessing, disseminating, sharing, coordinating and creating knowledge (Brass et al., 2004; Phelps et al. 2012).

We will distinguish between two aspects of networks. The first considers the network as a source of information, diversity and flexibility. The second views it as a mechanism for cooperation and coordination. These two aspects highlight the complementarity between different a priori opposed relational and structural characteristics and highlight the dual role of networks in the innovation process (Capaldo, 2010; Phelps, 2010; Rost, 2011; Baum, 2012).

From weak ties and information exchanges...

An essential role of networks is to be a source for S&T information (Ahuja, 2000b, Rowley et al. 2000, Rodan & Galunic, 2004). For a given community, prospecting implies exploring the network for both what can be mobilised differently in a practice, and what knowledge developed in the network can trigger fruitful cooperation projects. Often, the usefulness of such exploration may not be immediately obvious but contribute to nourishing the breeding ground for possible future cooperation opportunities.

Weak and extensive ties, as opposed to strong ties (such as collaborations), are justified when the objective is to establish contacts with many heterogeneous actors who can be sources of new perspectives and knowledge (Rowley et al. 2000; Perry-Smith & Shalley, 2003; Perry-Smith, 2006). Insofar as this type of exploration does not require heavy investments and in-depth coordination/cooperation between actors, weak bonds can be compared to options (Bajeux-Besnainou et al., 2010), in this case options for future collaborations.

Weak ties can also be a source of informational advantage. According to Granovetter's (1973; 1983) counter-intuitive insight, the "strength of weak ties" derives from the fact that they are more likely to act as structural bridges between different communities (Nahapiet & Ghoshal, 1998). Strong ties are less likely to fulfil this role since individuals will tend to share a lot of the same information and resources, and as a result, will not likely be sources of novel or diverse information.

Another argument in favour of informational advantage, is that of "structural holes" (Burt, 1995). An actor positioned between two others with no ties between them (structural hole) will benefit from access to a more diversified set of information than if these actors were connected. Individuals / organisations who occupy structural holes can either link the knowledge to which they have access (knowledge broker) or connect actors who were previously not linked (network broker), modifying thus the structure of the network.

...To strong ties and collaborations

Another point concerns the cognitive and cultural aspects in an inter-community framework. Collective identity means a certain homogeneity of practices and knowledge within the community. It also means that different communities will have different epistemic cultures, methods, knowledge and ways of questioning and examining problems (Knorr-Cetina, 1996).

An obstacle faced in inter-community networks is the cognitive distance between members belonging to different communities. Overcoming this barrier requires the establishment of strong bonds and dense networks. To put it another way, resources have to be developed and deployed to communicate, coordinate and integrate knowledge between the different communities (Boland & Tenkasi, 1995; Carlile, 2002; Bechky, 2003; Bogenrieder & Nooteboom, 2004; Nooteboom, 2008). Strong ties are built on commitment of relational resources (Capaldo, 2007), necessary to share experience, transfer complex and tacit knowledge, and develop a common language (Uzzi, 1997; Hansen, 1999). Viewing innovation and learning as the result of a social process of interaction between different communities requires inter-cognitive investments (Bogenrieder & Nooteboom, 2004). Communities need to translate and adapt knowledge (tools, methods, technologies) developed internally (Callon, 1990; Carlile, 2002; Bechky, 2003; Reagans & McEvily, 2003). They also need to absorb external knowledge (Cohen & Levinthal, 1990; Reagans & McEvily, 2003; Bogenrieder & Nooteboom, 2004) in order to be able to collaborate with other communities.

Overcoming cognitive distance has also implications for the overall structure of the network. In a highly diverse environment, a dense network can encourage trust, identification and reciprocity at the collective level. Such collective social capital will encourage systemic investments in distant knowledge, and thus exploration. Density will also improve the network's absorptive capacity. (Gilsing & Nooteboom, 2005; Gilsing et al. 2008; Phelps, 2010). Even if dense ties between actors are redundant from an informational point of view, such ties can be necessary to understand and absorb distant knowledge.

Another way of overcoming inter-community barriers is to rely on special individuals, i.e. key actors holding a particular position in the structuring of inter-community networks. They are described in the next subsection.

Peripheral actors and boundary spanners

The peripheral position of certain actors in their community may provide them a distinctive role (Perry-Smith & Shalley, 2003; Perry-Smith, 2006). Drawing on knowledge fields beyond those of their own community, and cooperating with members of other communities, peripheral actors can introduce new ideas into their own community. Another possible strategy for communities to adopt a wider perspective is to bring in members from other communities.

The "boundary spanner" concept has been introduced (Tushman, 1977, Tushman & Scanlan, 1981) to refer to the position certain actors explicitly occupy in their community to exchange knowledge and create links with the outside world. They play a driving role in the emergence, structuring and stabilization of inter-community networks (Ryan & O'Malley, 2016) and contribute to the development of "small worlds" (Cross & Prusak, 2002).

Their role derives from their expertise in different S&T fields and the importance they attach to social capital, that is to networking with key stakeholders to ensure a project's success. The professional trajectory of "boundary spanners" is often characterised by the variety of their projects, and a high degree of mobility (Cross & Prusak, 2002). Their credibility derives from the combination of different types of knowledge (know why, know how, know what and know who) and from the precise knowledge they have of their own community's competencies, while at the same time understanding other community's needs and strengths (Meyer, 2010). Innovation processes involving different communities requires on the part of the "boundary spanner" to articulate different perspectives, align different practices, modify the boundaries and knowledge of communities (his own and those of others) (Mangematin et al. 2014). The boundary-spanner needs therefore to manage and negotiate the tensions that may arise when habits and routines are challenged within communities (Adler et al. 2009).

Network centrality, brokering and integration

The central position of some actors within the network can also shape the dynamics of inter-community relations. A central position confers advantages in terms of both information and legitimacy. From an informational point of view, central actors, at the confluence of a large variety of sources, will be better informed about the network and its members. A central position should also make it easier to maintain indirect links with a wide range of other network actors (Perry-Smith & Shalley, 2003; Perry-Smith, 2006). The diversity and breadth of links give central actors an advantage in linking previously unconnected fields, passing information through the network and initiating collaborations (Powell et al., 1996; Gnyawali & Madhavan, 2001; Tsai, 2000; Wang et al., 2014).

The systemic legitimacy offered by a central position (Ibarra, 1993) will also enable its holder to mobilize ties as reliable channels for transmitting information/knowledge about opportunities and capabilities residing within the network (Gnyawali & Madhavan, 2001; Nerkar & Paruchuri, 2005). Legitimacy fosters the consensus needed to pursue new collaborative projects. Central actors can leverage their credibility to motivate other network members to collaborate and mobilise network resources (Cattani & Ferriani, 2008; Wang et al., 2014).

Central actors are also ideally placed to act as network brokers (Burt, 1997; 2004; see also Kwon et al. (2020) for a recent review of the literature on this concept). The literature contrasts the individualistic and collective perspectives on network brokering (Obstfeld, 2005; Obstfeld et al. 2015). In the individualistic perspective, "brokers" build bridges between different groups to combine information obtained independently by these groups to create new opportunities for themselves (Burt, 2000).

An alternative perspective emphasizes the role of brokering in the creation of community and collective advantages. Burt (1997), for instance, refers to entrepreneurial managers who, having

identified opportunities, connect the relevant actors to implement them. Hargadon & Sutton (1997) and Hargadon (2002) describe "technology brokering" processes deployed by companies that transfer solutions available within the network to places where they are not yet known. Other works emphasise project integration and coordination work that network brokers perform between individuals and communities with different interests and cognitive backgrounds (Ibarra et al., 2005; Obstfeld, 2005; Fleming & Waguespack, 2007; Lingo & O'Mahony, 2010).

2.2.5 A simplified conceptual model combining RI diffusion mechanisms and characterization of user communities

The diagram in Figure 1 provides an overview of the simplified conceptual model we developed based on the above literature review, with the aim of applying it to explore the dynamics of SOLEIL's user groups.

The basic rationale is as follows: at a given time, a user group is characterized by certain "starting" features in terms of:

- **Development**, as characterized by its size and internal diversity. The size of a group of users and its evolution gives an idea of the sustainability of this group. For instance, a mature community is supposed to have reached a critical mass and be sustainable. The internal diversity (in terms of competences, skills, disciplines, status, etc. within a collective entity) usually favors highly creative interactions. It tends to signal the presence of a network. By contrast homogeneity corresponds to similar competences and skills, which are often the signal of a rather mature community.
- **Knowledge**, which refers to the cognitive dimension, i.e. the process of science and technology (S&T) creation, in relation to the identity of the community. A consensus on the knowledge outputs that are worth producing, on the methods to obtain them and eventually on the role of the research infrastructure in the research process denotes the existence of an epistemic community. Identity can be defined in terms of alterity, when a group distinguishes itself and differs from the rest of the world, or it can be defined in terms of common and shared values, together with a sense of belonging and recognition between member). In both cases, a clear identity tends to signal an established community.
- **Structure** of the user group, in particular its composition, the nature of the ties (strong and/or weak) and the presence of key players (boundary spanners, networks / knowledge brokers). Strong ties within a clique usually indicate a community of practice. A core of strongly bonded members within a broader network of weak ties signals an invisible college. A combination of strong and weak ties seems to be typical of a mature scientific community. Agreement among the members of the group concerning a few key players (precursors, founders, facilitators, boundary spanners, brokers, etc.) is also, in our view, indicative of the establishment of a community.

In the context of a project with SOLEIL, various mechanisms, or impact channels, can come into play (cf. section 2.1.3)

- Support by RI staff during experimentation
- Awareness-raising activities, such as outreach, social events, training
- Formal / contractual collaboration
- Longitudinal transmission to PhD students and Postdocs;
- Recruitments of RI expert users

Under specific conditions (indicated by the grey arrow in the diagram), these mechanisms may generate impacts of varying significance on the user group characteristics, ranging from incremental changes (growth, decrease, reinforcement) to significant shifts (creation, disappearance) of certain elements. For instance, it may happen that all or part of the resulting characteristics of a user group turn to be typical of community emergence.

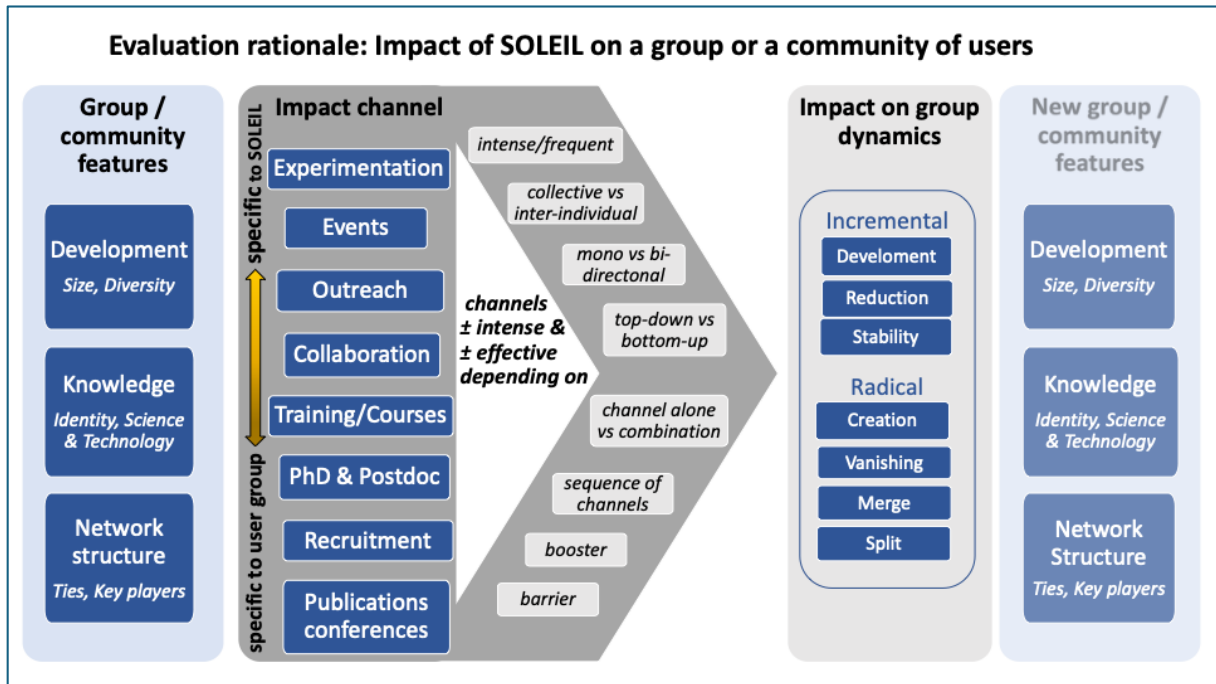


Figure 1: Conceptual framework

This conceptual model was used to feed and build our qualitative approach, more precisely our analytical grids and interview guidelines, as presented in the next section.

3 Methods

3.1 Research Design and Case Study Rationale

We adopt a qualitative case study approach based on semi-structured interviews. This methodological choice is particularly relevant to examining community dynamics for several reasons.

First, case studies enable the investigation of multi-dimensional, contextual, and evolving phenomena that quantitative analyses struggle to capture. The dynamics of user communities, such as emergence of shared identity, informal ties, or the development of collective epistemic

norms are holistic processes that require contextual understanding (Yin, 2018). Second, qualitative approaches provide access to actors' perceptions, interpretations, and lived experiences. These elements are critical for understanding social concepts such as community belonging, shared values, or the nature of cognitive proximity among members. Third, this methodology allows to identify dynamic processes and mechanisms that drive community evolution, including feedback loops, path dependencies, and critical junctures that shape trajectories over time.

Furthermore, interviews enable us to gather information that would be difficult or impossible to obtain through quantitative indicators. For instance, not all scientific communities produce publications at comparable rates, and bibliometric indicators may systematically underrepresent certain types of collective activity (e.g., communities focused on instrumentation development or those at early stages of formation). Qualitative data collection allows us to capture these dimensions through actors' own accounts and assessments.

Our approach follows an **abductive logic** (Dubois & Gadde, 2002), combining theoretical frameworks with empirical observations in an iterative way. Rather than testing predefined hypotheses deductively, we seek to identify patterns, generate theoretical propositions, and refine our analytical framework through continuous dialogue between conceptual categories and empirical material. This iterative process enables the discovery of unexpected mechanisms and the progressive enrichment of our understanding of community dynamics.

3.2 Case selection

3.2.1 The SOLEIL synchrotron

The empirical analysis focuses on the SOLEIL⁴ synchrotron, a national large-scale research infrastructure located in Saint-Aubin, France, that operates since 2008. SOLEIL is jointly managed by the French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA) and the National Centre for Scientific Research (CNRS) and is dedicated to academic and industrial research across a wide range of disciplines. It accelerates electrons to nearly the speed of light in a storage ring, producing highly intense synchrotron radiation spanning a large spectrum (from infrared to hard X-rays). This light is delivered to 29 operational beamlines, each designed for a specific experimental technique and enabling the analysis of matter at multiple spatial, temporal, and energetic scales. Beamlines operate simultaneously and are operated by **dedicated instrument scientists**, who support users in experimental design, data acquisition, and instrument operation.

The choice of SOLEIL is motivated because it is a single-site, highly multidisciplinary large-scale RI with a strong orientation towards external users. Access to SOLEIL operates through two calls for proposals per year, open to national and international researchers. Applicants submit experimental projects that specify the scientific objectives, the techniques to be used, and the beamline(s) requested. Proposals are then evaluated through a peer-review process carried out by Programme Committees composed of external scientific experts.

⁴ SOLEIL stands for Source Optimisée de Lumière d'Énergie Intermédiaire.

Evaluation criteria include scientific excellence, feasibility, and the adequacy between the proposed research questions and the technical capabilities of the requested beamline. This selection process allows us to concentrate specifically on scientific user groups whose participation to experiments comes from the project-based evaluation rather than long-term membership or institutional affiliation.

Projects ranked highly by the committees are granted beamtime, which is allocated free of charge for academic researchers. This competitive mechanism encourages the submission of high-quality scientific proposals. We assume that it enables the formation of temporary research collectives around each selected project, as users from different laboratories can collaborate to design and conduct experiments during their allocated beamtime.

In terms of scientific impact, more than 8,000 academic papers built on research at SOLEIL were published since its opening across diverse fields such as biology, material sciences, physics, medicine, geology, or even arts.

3.2.2 A comparative case design: communities from biomedical sciences (biomed) and quantum materials (QM)

Our research is based on the comparison of **two user communities of SOLEIL**: researchers in **quantum materials (QM)** and those in **biomedical sciences (biomed)**. We selected the two cases following preliminary discussions with SOLEIL's scientific management. The objective was to identify communities different in terms of scientific field and comparable in terms of historical presence at the synchrotron. In both domains, the earliest experiments at SOLEIL began around the same period, which ensures similar temporality for the development of user collectives.

In this work, we distinguish the user communities by the scientific domain of their members. The quantum materials community is embedded in condensed-matter physics and materials science, while the biomedical community brings together researchers from clinical, hospital-based, and medical research environments. We will go deeper into the characterization of both communities in the result section.

This comparative design allows us to investigate how community dynamics emerge from interactions with the infrastructure. Our hypothesis is that **knowledge-generating interactions differ across these two disciplinary groups** due to distinct research practices, forms of collaboration, and expectations regarding instrumentation. By comparing two different communities, we examine how SOLEIL's access influence the structuring of these groups into scientific communities.

3.3 Data collection

Data were collected through two phases of interviews. We first conducted interviews with several SOLEIL beamline scientists to understand the technical and organizational context of the beamlines used by each community, and to obtain an overview of the groups of users from the perspective of the infrastructure staff. Based on these interviews, a second campaign targeted scientific users themselves to document their practices, interactions, and perceptions

of community dynamics. The table below summarizes key interview metadata for both case studies.

Detail		Biomed	QM
Number	Beamline scientists	2	2
	Users	6	5
Period		from July 13, 2021, to January 3, 2023	July 2022 (1 interview); from April to December 2024 (6 interviews)
Total duration		7.8 hours	9.3 hours
Number of transcribed pages		101	115
Beamline used		Anatomix, Diffabs, Disco, Lucia, Nanoscopium, Smis	Ailes, Antares, Cassiopée, Deimos, Sixs, Sextants, Tempo

Table 2: Interview information for the biomed and QM case studies

3.3.1 Interview protocol

All interviews followed a semi-structured format guided by an interview outline sent in advance to participants (see in Appendix 6.1). At the start of each interview, we introduced the general objectives of the study and clarified that the focus was not on individual career impacts but on collective dynamics. The guide covered a set of non-exhaustive themes aligned with the conceptual framework presented earlier.

Interviews were conducted via videoconference, recorded with participants' consent, and fully transcribed. Qualitative analysis proceeded as follows: each transcript was coded manually by mapping relevant excerpts onto the indicators of the two analytical grids (community characterization; channels of effects). Coding was performed independently by at least two authors, then compared and consolidated through iterative collective discussion.

3.3.2 Biomed case

The biomedical case study draws on eight semi-structured interviews conducted between July 2021 and January 2023, including six individual interviews and one joint interview with two users. We interacted with two beamline scientists and six users, with an average interview length of 1h06.

The selection of interviewees proceeded as follows: we first met the scientists responsible for beamlines most frequently used by biomedical researchers. They then provided contacts for relevant users. To broaden the diversity of research topics, we also contacted a user identified on the SOLEIL website in the section devoted to hospital collaborations, ensuring a wide coverage of biomedical research domains represented at SOLEIL.

Most interviewees were physicists or biophysicists working on medical applications, and two were medical doctors involved in academic research. Their research topics ranged from cancer studies to digestive tissue analysis. Users mentioned six beamlines, most frequently DISCO, SMIS, and ANATOMIX.

We also complemented our data with two secondary resources (brochure⁵, SOLEIL internal communication document⁶). Several visits to SOLEIL (beamlines, storage ring), discussions with beamline scientists, and regular meetings with the management team further enriched our contextual understanding.

3.3.3 Quantum Materials Case

The quantum materials case is based on seven semi-structured interviews: one with the Scientific Director for Physical Sciences at SOLEIL, one with a beamline scientist, and five with academic users. The first interview took place in July 2022, with the remaining interviews conducted between April and December 2024. Most contacts were provided by SOLEIL, except one recommended by an interviewed user.

Interviewees included CNRS research directors, a university professor, two associate professors, and a postdoctoral researcher. The mix of senior and early-career researchers provided both historical perspective and contemporary insight.

All users work in condensed matter physics, focusing on structures and electronic properties of materials. Topics mentioned included nanoscience, magnetic materials, nanoparticles and nano-objects, correlated systems, surface physics, photoemission, and topological insulators. We use the term *quantum materials* to refer to this user community because (1) users themselves emphasized that this terminology increasingly characterizes their field, and (2) SOLEIL officially labels this domain within its “advanced materials” section.

The case study comprises 9.3 hours of material (115 transcript pages), with an average interview duration of 1h20. Seven beamlines were cited: TEMPO, ANTARES, CASSIOPÉE, DEIMOS, SIXS, AILES, and SEXTANTS. SOLEIL indicates that twelve beamlines contribute to quantum materials research; the interviews cover approximately 60% of the relevant experimental platforms.

We complemented the qualitative data with additional documentation, including a brochure on QM research at SOLEIL⁷ and SOLEIL’s user-visit database (2008–2022), which provided complementary quantitative information (e.g. number of proposals per year, number of users in QM).

⁵ What has SOLEIL contributed to medical diagnostics and prognostics? (2019)

⁶ 2021 presentation on the DISCO beamline

⁷ SOLEIL’s contribution to understanding Quantum Materials (2020)

4 Results

This section is devoted to the empirical analysis of the two SOLEIL user communities under study: biomedical sciences (biomed) and quantum materials (QM). Building on the conceptual framework developed in Section 2.2.5, we first identify and examine the mechanisms that shape the structuring and evolution dynamics of each community (Section 4.1). Precisely, we assess how research conducted at SOLEIL affects these two groups of users, evaluating each mechanism along two dimensions: (1) its frequency and (2) its effectiveness, understood as its ability to generate observable effects on community dynamics.

In section 4.2, we provide a comparative characterization of the two cases based on the distinctive community dimensions described in the conceptual framework (size development, epistemic features, i.e. identity, values, knowledge production, and network structure). We find that the two user communities display sharp differences. This helps us explain why certain mechanisms operate as strong levers of structuration in one community but remain weak or ineffective in the other, shedding light on the structural and epistemic factors that condition the ways SOLEIL influences each collective.

These two analytical steps allow us to draw out fundamental differences between the biomedical and quantum materials user communities and to formulate interpretative propositions about the role of SOLEIL in their respective community dynamics (Section 4.3).

4.1 Evaluation of impact mechanisms

This section identifies and compares the main mechanisms through which the SOLEIL synchrotron impacts the evolution of the two user communities. Drawing on analytical grids of impact mechanisms (Tables 3 and 4), we assess each mechanism according to two qualitative dimensions: its frequency (low, medium, high), understood as its recurrence or degree of activation, and its effectiveness (low, medium, high), i.e. its capacity to generate an observable effect on the dynamics of the user groups under study. The verbatim excerpts supporting the assessment of each mechanism are reported in Appendices 6.2 and 6.3.

The analysis reveals markedly different effects between the two cases. In the biomedical case, the trajectory of the user group is primarily driven by the support provided by SOLEIL beamline scientists during experiments, as well as by individual initiatives. This result reflects the dynamics of a community whose development relies both on the involvement of the infrastructure in accompanying users and on the action of key individuals who initiate and sustain synchrotron use within their laboratories. By contrast, in quantum materials, standard community channels such as collaborations (between user groups and between SOLEIL scientists and user groups), publications, conferences, and PhD training play a central role, highlighting the importance of the users' home scientific community in shaping the trajectory of synchrotron use.

Channel	Source	Frequency	Effectiveness	Verbatim excerpts
EXPERIMENTS AT SOLEIL				
Beamline (BL) support to users during experiments	SOLEIL	++	+	B19.1 to B19.4
Beamline support to users after experiments (data processing, analysis)	SOLEIL	±	N.A.	B20.1 to B20.3
BL adaptat° to users (instrument, software, access, method)	SOLEIL	+	+	B21.1 to B21.2
MEETINGS AND COMMITTEES				
SOLEIL user meetings	SOLEIL	+	+	B23.1 to B23.3
Scientific committees	SOLEIL	+	±	B24.1 to B24.4
OUTREACH				
Institutional communication	SOLEIL	±	N.A.	B25.1
Pilgrim's baton	MIX	++	++	B26.1 to B26.3
COLLABORATION (ANR, EU, GDR, co-development, etc.)				
Between SOLEIL and users	MIX	±	±	B28.1
Between users (via SOLEIL/on their own)	USER	±	+	B29.1 to B29.2
TRAINING ON BL USE				
Doctoral schools and training for scholars	USER/MIX	±	±	B30.1 to B30.2
RECRUITMENT				
Permanent researcher	USER	±	++	B31.1 to B31.3
COMMUNITY USUAL CHANNELS				
Conferences, publications	USER	±	+	B32.1 to B32.2
Proximity, word of mouth, informal collaboration	USER	N.A.	N.A.	/
PhD and Postdocs	USER	+	+	B33.1 to B33.3

Table 3. Characterization of impact mechanisms for the Biomed user group

Channel	Source	I	Effectiveness	Verbatim excerpt ⁸
EXPERIMENTS AT SOLEIL				
Beamline (BL) support to users during experiments	SOLEIL	++	++	M18.1 to M18.4
Beamline scientists support to user after experiments (data processing, analysis)	SOLEIL	++	++	M19.1, M19.2
BL adaptation to users (instrument, software, access, method)	SOLEIL	++	++	M20.1, M20.2
MEETINGS AND COMMITTEES				
SOLEIL user meetings	MIX	++	+	M22.1, M22.2
Scientific committees	MIX	N.A.	N.A.	-
OUTREACH				
Institutional communication	SOLEIL	±	N.A.	M23.1
Pilgrim's baton	MIX	±	±	-
COLLABORATION (ANR, EU, , co-development, etc.)				
Between SOLEIL and users	MIX	++	++	M24.1, M24.2
Between users (via SOLEIL/on their own)	USER	++	++	M25.1 to M25.4
TRAINING ON BL USE				
Doctoral schools and training for scholars	USER/ MIX	++	++	M26.1 to M26.3
RECRUITMENT				
Permanent researcher	SOLEIL	+	++	M27.1 to M27.5
COMMUNITY USUAL CHANNELS				
Conferences, publications	USER	++	++	M28.1 to M28.4
Proximity, word of mouth, informal collaboration	USER	++	++	M29.1, M29.2
PhD and Postdocs	USER/MI X	++	++	M30.1 to M30.5

Figure 4 Characterization of impact mechanisms for the QM user group

⁸ The verbatim excerpts are provided in Table 2.19 below with their associated identifiers.

4.1.1 Experimentation at SOLEIL

In both communities, experimentation at SOLEIL constitutes a highly active impact mechanism. However, the nature of its effect differs significantly from one community to another.

In the biomedical case, support from beamline scientists during experiments is both highly active and highly effective. This highly active support can be seen as a prerequisite for further use and thus for maintaining the user group. Several users mention the valuable support provided by beamline scientists in their projects. In addition to logistical support during experiments, they emphasize the importance of the expertise provided by the beamline scientists (verbatim excerpts B19.1 to B19.4 in appendix 6.2):

“In fact, this amounts to a major concentration of very high-level [beamline] scientists who also have a service approach that is quite rare in science at this level...”

“Sometimes we need the help of the line’s staff, and in this case it may be justified for them to be on the publications.”

“Without the skills of these people [beamline scientists], we wouldn’t be able to move forward in the same way. It’s only normal that they should be co-authors!”⁹

In the quantum materials case, experimentation is also a high-intensity channel, but the role of beamline scientists is different. QM users generally display a high level of autonomy on beamlines, as synchrotron techniques are already deeply embedded in their research practices: ““They [the beamline scientists] are present at the beginning, and once we have jointly defined the experimental conditions, we become autonomous.” (see M18.3 in Appendix 6.3). Beamline scientists are not perceived primarily as support staff but as scientific partners, involved in experiment design and data interpretation. As a result, while experimentation is central in both cases, its effectiveness in Biomed lies mainly in enabling access and learning, whereas in QM it reinforces an already mature collective research process.

4.1.2 Individual Initiatives and Pilgrim Baton Mechanisms in biomed

A distinctive feature of the biomedical case is the importance of individual-level mechanisms, which compensate for the absence of a dense, self-sustaining community structure.

Two mechanisms stand out. First, we have identified two actors involved in outreach actions: a beamline scientist and a pioneer user of SOLEIL. Their role is crucial within the biomedical community; they serve as the interface between the synchrotron and the medical community, aiming to expand the user base in the biomedical field. They meet directly with medical researchers to disseminate information and raise awareness about the use of synchrotron in biomedical research. To illustrate this point, interviewees’s excerpts B26.1 to B26.3 in Appendix 6.2 are enlightening:

⁹ All interview excerpts cited in this article are the authors’ English translations of the original French verbatim transcripts.

"There's also taking your pilgrim's baton, going to hospitals, and telling them: how you work, it's not supposed to be done like that..."

The interviewees also stressed the need to renew these actions on a regular basis: "I would need to pick up my pilgrim's staff again", "It's a very, very time-consuming community in the sense that you have to keep reviving them, keep working on them."

A user, talking about a BL scientist, says: "He was particularly interested in the medical aspects. It's true that he was the driving force behind that axis."

From these excerpts, we see that one interviewee explicitly uses the expression "pilgrim's baton" to describe his action, suggesting also the difficulty of reaching a community - in this case, hospital researchers, quite remote from the synchrotron culture. Furthermore, the last excerpt shows that biomedical users identify the actors who take up their pilgrim's baton as the driving force behind the community. In the architecture of the user community, these people facilitate the transfer of information or knowledge to the wider biomedical community.

Second, recruitment emerges as a rarely activated but effective mechanism. A researcher who completed a postdoctoral fellowship at SOLEIL was recruited in a permanent position at the faculty of medicine, leading to the creation of a research team dedicated to synchrotron use a couple of years later:

"(...) there is a researcher who was recruited at the faculty (...), who was a post-doc at SOLEIL and is a synchrotron specialist, to work with doctors on synchrotron applications."

"A team was created in [year] and renewed in [5 years later]"

This example showcases the attractiveness of synchrotron research and the recognition of this expertise in the case of a specific user team in the biomedical community. Furthermore, the recruitment of this expert user facilitates knowledge transfer between the synchrotron and the hospital environment, integrating synchrotron technology into medical research and university teaching practices.

4.1.3 The importance of standard community mechanisms in Quantum Materials

In the QM case, the impact of SOLEIL on the user community largely operates through mechanisms that are standard to scientific communities. Conferences and publications play a central role in diffusing synchrotron-based results, attracting new users, and reinforcing the visibility of SOLEIL within the field (see excerpts M28.1 to M28.4 in Appendix 6.3)

Similarly, proximity-based mechanisms such as word of mouth, informal collaborations, and reputation effects are highly active (see excerpts M29.1, M29.2). Informal exchanges contribute both to the consolidation of existing collaborations and to the attraction of new users.

Formal collaborations also constitute a highly effective mechanism. Joint projects between users, as well as between users and beamline scientists, are frequent and often embedded in national and international research structures (e.g. GDRs, ANR projects), reinforcing strong and recurrent ties within the community (see excerpts M25.4 to M25.6 in Appendix 6.3).

The systematic involvement of PhD students and postdoctoral researchers, further contribute to the reproduction and long-term sustainability of the community. Early exposure to synchrotron techniques strongly conditions continued use over academic careers (see excerpts M30.3 to M30.5).

Overall, these results highlight that, in quantum materials, SOLEIL is deeply integrated into pre-existing collective research practices. The dynamics of the user community are primarily driven by the home scientific community, with the synchrotron functioning as a central platform for the user community.

4.2 Community characterization

In what follows, we use the term *user team* to designate groups of researchers who have obtained beamtime through SOLEIL's proposal system and/or who use the resulting experimental data in their research outputs. *User group* or *user community* designates the ensemble of all research teams in biomedical sciences or quantum materials using SOLEIL's radiation. Finally, we refer to the *home community* as the broader scientific community to which these researchers belong in their disciplinary environment.

Before going into the comparative results, it is worth presenting the three analytical dimensions used to characterize the two SOLEIL user communities. First, we examine the development of the user groups, which includes not only their size but also their sustainability over time and the degree of diversity within and across user teams. Second, we analyze the epistemic dimension of each community; its visibility within the broader scientific landscape, the extent to which its members share common values and research orientations, the nature of their research objects and methods, and the role played by SOLEIL in their knowledge-production processes. Third, we analyze the structural dimension, focusing on the configuration of ties between user teams and identifying central or influential actors whose structuring role the interviewees explicitly acknowledge. These three dimensions collectively provide a "snapshot" of the two user collectives at a given moment, allowing us to account for distinct community dynamics.

The first part of Table 5 synthesizes the results of the characterization of the two communities along these three dimensions. This table draws on the detailed results presented in appendices 6.4 and 6.5, which provides the full set of indicators together with the corresponding verbatim excerpts. In the analysis below, we refer to selected interview excerpts that appear in this appendix table.

4.2.1 Development: Size and Diversity of the user groups

The two cases show contrasted development characteristics and internal user compositions (Table 5). The biomed group at SOLEIL is relatively small and emergent, comprising approximately one hundred users. In terms of dynamics, the respondents consider the number of SOLEIL users as relatively stable despite recruitment difficulties in the biomedical research. Nevertheless, an interviewee mentions a growing interest for the synchrotron radiation in the field, with the emergence of new research groups in areas such as dermatology (excerpt B2.3 in Appendix 6.4).

We observe that the critical mass of synchrotron users in this group has not yet been reached, meaning that the threshold number of users required to ensure the sustainable use of the synchrotron has not been attained. About the evolution of synchrotron use in his lab, one biomed user asserts, *“That will depend on whether I get back into it or not; if I stop completely, I don't know if they will make the effort to restart it.”*¹⁰ (Excerpt B3.1 in Appendix 6.4).

The biomed group is characterized by very high diversity, both between and within teams. While teams of users specialize in a specific specific organ or pathology, their internal composition is highly interdisciplinary. Most interviewed users are physicists or biophysicists, but user teams also encompass several other disciplinary fields such as medicine, biology, surgery, and anatomic pathology (excerpt B5.2). We also highlight that SOLEIL user teams exhibit a higher diversity of competencies compared to their home scientific communities. This stems from the fact that users are at the interface, with physicists involved in applied medical research, and physicians learning to use an "out of the ordinary" instrument. The term "interface" is one of the most cited words in the interviews, appearing spontaneously 23 times in total across 5 out of the 6 interviews. A distinctive feature of these teams is the combination of highly specialized expertise. As one interviewee notes, Biomed users are “ultra-experts” using a sophisticated tool to address complex questions (excerpt B6.1).

Conversely, the qualitative data we collected show that the QM group at SOLEIL is large and mature, comprising approximately 350 active users (with 40% being international researchers). This collective originates from the broader and older community of condensed matter and solid-state physics. The interviewed users describe quantum materials as a recent evolution within this field (see M3.2 to M3.4). Specifically, quantum materials are a branch of condensed matter physics that has experienced significant growth over the past decade, particularly with the discovery of new classes of materials (such as 2D materials like graphene): *“In 2010 there was the Nobel Prize in Physics for graphene and since that Nobel, it is fair to say that it has become democratized. [...] At the international level, honestly it is booming [...].”* (Excerpt M2.1)

Based on the information collected in interviews, we assess that the critical mass of SOLEIL users in the field of quantum materials is reached. Indeed, QM represent one of the most prominent research areas at SOLEIL in terms of the number of visitors. Furthermore, the use of synchrotron radiation techniques appears to be deeply embedded in the scientific culture of researchers in this field and passed on to young researchers. Indeed, the sustainability of the QM user group is ensured by a steady influx of new entrants, particularly young researchers who tend to continue using the RI throughout their academic careers (excerpts M3.6 and M3.7). The diffusion of synchrotron techniques within the home scientific community is considered significant, with interviewees estimating the share of users to be between one-third and half of the researchers in the field. Acknowledging a possible perception bias, four users explicitly stated that synchrotron users represent half of the community (see excerpts M4.1, M4.2, M4.6 and M4.7).

¹⁰ All interview excerpts cited in this article are the authors' English translations of the original French verbatim transcripts.

Dimension	Biomed	Quantum Materials
COMMUNITY CHARACTERIZATION		
DEVELOPMENT: SIZE & DIVERSITY	Small (ar. 100 users), stable, critical mass not reached Marginal share of SOLEIL users in home scientific community Highly diverse inter- and intra- team of users composition	Large (ar. 350 users), expanding, critical mass reached ensuring long-term sustainability Significant share of SOLEIL users in home scientific community Monodisciplinary user team composition
KNOWLEDGE: IDENTITY	Emerging shared values and norms Low visibility as a group, fragmented community	Strong shared values and norms High visibility as a group, recognized community
KNOWLEDGE: SCIENCE & TECHNOLOGY	Agreement on the type of knowledge created Applied/translational research (improving clinical diagnosis) The synchrotron is complementary to other methods	Agreement on the type of knowledge created Fundamental research (study of material properties and structure). The synchrotron is critical in the research process of the community
NETWORK STRUCTURE	Weak informal ties, each team working on their niches (different pathologies/organ of interest) User team centralized around few brokers (incl. beamline scientists)	Strong, recurrent informal ties, teams know each other & collaborate at SOLEIL Beamline scientists perceived as full members of the community
ANALYTICAL PERSPECTIVE: TWO CONTRASTED COMMUNITY DYNAMICS		
Community origin	Emerging community with high heterogeneity of profiles (biology, physics, medicine)	New branch of a mature, established community (condensed matter physics), using synchrotron radiation before SOLEIL
Community dynamics	Individual process Synchrotron use results from individual initiatives (single researcher or team). The link to SOLEIL is built through individual contacts (BL scientist or broker)	Collective process The community appropriates the instrument; strong integration of the RI into research practices (community-specific mechanisms)

Table 5 Characterization of biomed and QM user collectives

4.2.2 Knowledge: Identity, Science and Technology

Identity of the user communities

Important markers of communities of practice are the existence of a shared identity and the establishment of specific norms and values that emerge from repeated interactions between members. This common identity and shared values serve as distinctive elements of these collectives, enabling their visibility and recognition within the scientific ecosystem.

The biomed user group is characterized by low external visibility in the wider biomedical field. Despite some outstanding, high-media-impact publications and awards, the group lacks dedicated journals or specialized conferences that would affirm its recognition as a distinct research community. However, a cohesive internal identity is forming through shared norms and values: users commonly identify their work as motivated by improving healthcare, focusing on translational advancements that can be transferred directly from the synchrotron to the hospital. Furthermore, the need for communication across diverse disciplines (medicine, physics) has led to the emergence of a common language that works as a boundary object; a key characteristic signalling the emergence of a community. Interviewees described the process of overcoming disciplinary vocabulary differences to speak a shared language: *“At first, I admit that I didn't understand anything [...], but as time went on and I persevered a little, we eventually managed to find a common language. And that's really important: taking the time when you're working at the interface between different communities [...] you have to find a common language.”* (excerpt B9.1)

In contrast, the QM user group appears as a mature, established community with high visibility. Its members are distinguishable as synchrotron users, frequently participating in specialized conferences and publishing results in prestigious, high-impact thematic journals. The interviews reveal that its defining norms are the particularly high collaborative nature of its research. This norm of frequent collaboration on joint projects (often funded via ANR or co-supervision of PhD theses) sets them apart from the highly competitive environment of their broader home scientific community. Access to the synchrotron is not seen merely as a service, but as a space for collective work: *“When people [referring to the work environment at SOLEIL] decide to create a welcoming space for users, it says something about the way we work. [...] People working on large instruments definitely form a community.”*

Science and technology

Our empirical analysis reveals that both user groups display the fundamental characteristics of epistemic communities. In both cases, we observe a strong internal consensus regarding the object of knowledge creation and the research process to generate new knowledge, although the specific content of this consensus differs since they have different disciplinary backgrounds.

In the biomed user group, users share a unified vision of the research object: the improvement of clinical diagnosis through translational research. There is a clear agreement that the synchrotron must serve as a bridge to the hospital, generating “proofs of concept” for new medical instruments or methods rather than just academic papers. This epistemic alignment is

reinforced by shared methodological norms, specifically the need for a strict division of labor between physicists and clinicians to handle the complexity of biological samples.

Regarding the role of the instrument, the community shares the view that SOLEIL is a complementary tool that solves specific problems. While not always mandatory for general research, it becomes critical for specific breakthroughs. As one user illustrates, the machine is the ultimate recourse for complex diagnostics: *"There was a clinical case that was not possible to solve at the hospital and there the Synchrotron made the difference [...] Soleil was more than necessary"* (excerpt B13.6). This shared understanding of the synchrotron as a high-value problem solver cements the group's epistemic cohesion.

The QM group converges on a distinct epistemic goal: the production of fundamental knowledge regarding material structures and properties. The consensus here focuses on upstream "physics questions," where the primary output is high-impact scientific publications. Methodologically, the community agrees on a research process characterized by long-term, multi-method projects where the synchrotron is one pivotal tool among others. The role of the instrument in long-term scientific projects is described by an interviewee: *"Let's say the synchrotron is not about verifying something... it's really a project. [...] If I have a topic, I'll be studying it for ten years and I won't be using just the synchrotron. I'll use tons of techniques to understand the properties"* (Excerpt M11.2). For this community, the consensus on the instrument's role is its absolute criticality. Users unanimously affirm that their research questions cannot be answered without the unique scale of observation provided by the synchrotron, acknowledging that without it, *"we would not be able to do this type of science"* (Excerpt M12.5).

4.2.3 Network structure

The analysis of the structural dimension reveals two opposed network structures. The structure of the biomed user group is characterized by weak informal ties. Due to their specialization in distinct clinical niches (specific organs or pathologies), user teams know each other but rarely collaborate on joint projects (excerpts B15.1 to B15.3). Consequently, the teams are non-transverse: they go to the synchrotron as autonomous units within the organizational boundaries of their respective laboratories (excerpt B16.1).

We identify few key brokers that centralize the network. A strong consensus emerges specifically around "pioneer" users who act as boundary spanners, i.e. individuals indispensable for bridging the cognitive and cultural gap between the medical world and the research infrastructure. As one interviewee observed: *"He knows the Synchrotron, he knows the medical issues and he's the one who's been the point of contact with certain hospitals"* (Excerpt B17.4). Their role goes beyond scientific leadership; they leverage their dual legitimacy to recruit new users and facilitate the access of isolated medical teams to the facility.

In sharp contrast, the QM group forms a highly cohesive community characterized by strong and recurrent ties. The network is dense: researchers are well-acquainted with each other's work and frequently interact at SOLEIL (excerpts M14.1, M14.2). Unlike the Biomed group, collaboration is transverse and cross-lab: it is common practice for scientists from different

French or international institutions to submit joint proposals and conduct experiments together (excerpts M15.1, M15.2).

A defining structural feature of this mature community is the status of the beamline scientists. Users unanimously agree that SOLEIL scientists are not merely technical support staff but full scientific members of the community (excerpt M16.1). While key actors exist, such as users facilitating connections with international teams (excerpt M16.3), the network's sustainability relies on collective peer-to-peer interactions and the deep integration of the facility's staff into the community.

5 Discussion and policy implications

This paper sought to analyze how large-scale RIs shape scientific activity through the structuring and evolution of user communities as collective entities. While existing literature has examined the socio-economic, technological, and bibliometric impacts of RIs, as well as the role of infrastructure personnel in co-developing instruments with users, less attention has been paid to users as communities that emerge, stabilize, or transform through shared use of a large-scale RI. Addressing this gap, we adopted a qualitative, meso-level and dynamic approach, focusing on the mechanisms through which RI use affects the trajectories of scientific collectives.

Our comparative analysis of two contrasted user communities at the SOLEIL synchrotron (biomedical sciences and quantum materials) shows that the same infrastructure can host contrasted community dynamics. By identifying and evaluating a set of impact mechanisms and by characterizing communities in terms of size development, knowledge and network structure, this article makes three main contributions.

First, we show that impact mechanisms operate differently depending on the characteristics of the user community. In the biomedical case, mechanisms are largely driven by infrastructure support (intensive support by beamline scientists during experiments) and by individual initiatives, such as the role of the “pilgrim baton” and the recruitment of researchers with an expertise in synchrotron technology within medical teams. These mechanisms reflect the emergence of a new, heterogeneous community operating at disciplinary interfaces, with low initial familiarity with the instrument. In contrast, for quantum materials, the most effective mechanisms are those linked to the home scientific community (conferences, PhD training, long-standing collaborations, and collective research programs). In this case, SOLEIL is deeply integrated into already existing research practices rather than acting as a primary catalyst.

Second, the findings reveal an underexplored aspect in large RI studies: the central role of home scientific communities in shaping RI user communities. In the QM case, the user community appears as a new branch of a mature disciplinary field, making echo with the dynamics described by Sun et al. (2013) where scientific fields emerge through the splitting or specialization of existing social communities. In contrast, the biomed community corresponds more closely to a convergence or merging model, emerging from interactions between several disciplinary domains (physics, biology, medicine) and driven by individual actors.

Finally, our findings allow us to identify two ideal-typical trajectories of RI user communities: an emergent trajectory, characterized by individual appropriation of the instrument, weak inter-team ties, reliance on boundary spanners, and strong dependence on infrastructure personnel versus a mature, collective trajectory, characterized by shared research practices, dense collaboration networks, high visibility, and collective appropriation of the RI as a central research platform.

To summarize these results, we formulate several propositions regarding how large-scale RIs influence the structuring and evolution of scientific user communities:

Proposition 1. About the origins of community emergence. Consistent with Sun et al. (2013) conceptual framework, large-scale RI user communities emerge either from exogenous scientific or technological discoveries or through social interaction between researchers. While the mature community (QM) is driven by a strong "home community" heritage, the emergent community (biomed) is more dependent on the scientific personnel of the synchrotron (as hypothesized by Simoulin, 2016).

Proposition 2. About the nature of Large-scale RI user communities. Large-scale user communities have a hybrid nature, simultaneously acting as epistemic communities (driven by a consensus on the nature of knowledge they create) and communities of practice (structured around the shared use of the synchrotron).

Proposition 3. About the dynamics of large-scale RI user communities. The long-term sustainability of a user community requires the development of strong ties between members and a shared "foundational myth" or common identity. In our cases, this identity is either rooted in foundational discoveries (QM case) or it crystallizes around key central figures. (biomed case)

Proposition 4. About the role of boundary spanners. The emergence of new communities is facilitated by two types of boundary spanners:

1. Research technologists (i.e., beamline scientists) who act as knowledge brokers, capitalizing and redistributing technical expertise.
2. Lead users: early adopters who serve as brokers before becoming central pillars of the community.

Our analysis provides several implications for Science and Technology (S&T) policy, particularly for the management of large-scale RIs.

First, our findings suggest that large single-site RIs play a crucial role as platforms for community structuration, that goes beyond the simple function experimental capacity providers. Unlike multi-site infrastructures, single-site RIs foster repeated presence, informal interactions, and social learning processes, which are critical for the emergence of collective identities and shared practices.

Second, the results indicate that policy expectations regarding RI impacts should be differentiated across communities. Supporting emergent, interdisciplinary communities requires increasing focus and support to ‘human interfaces’ such as research technologists working in the infrastructures and early adopters.

Finally, this study is exploratory and based on two case studies within a single infrastructure. Future research could extend this approach to other communities from different scientific fields and infrastructures, and combine qualitative analysis with network-based quantitative methods to capture community dynamics over time. Such mixed approaches would further strengthen our understanding of how RIs contribute to the long-term evolution of scientific communities.

References

Avadikyan, Arman, Müller, M., 2016. Management of creativity in a large-scale research facility, in: *The Global Management of Creativity*. Routledge.

Avadikyan, A., Bach, L., Lambert, G., Lerch, C., Wolff, S., 2014. Dynamique des modèles d'affaires et écosystème : le cas des synchrotrons. *Revue d'économie industrielle* 153–186. <https://doi.org/10.4000/rei.5822>

Adler, N., Elmquist, M., Norrgren, F., 2009. The challenge of managing boundary-spanning research activities: Experiences from the Swedish context. *Research Policy* 38, 1136–1149. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.05.001>

Autio, E., Hameri, A.-P., Nordberg, M., 1996. A framework of motivations for industry-big science collaboration: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management* 13, 301–314. [https://doi.org/10.1016/S0923-4748\(96\)01011-9](https://doi.org/10.1016/S0923-4748(96)01011-9)

Bach, L., Wolff, S., 2022. The BETA-EvaRIO impact evaluation method: towards a bridging approach? *J Technol Transf* 47, 651–672. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9603-y>

Battistoni, G., Genco, M., Marsilio, M., Pancotti, C., Rossi, S., Vignetti, S., 2016. Cost–benefit analysis of applied research infrastructure. Evidence from health care. *Technological Forecasting and Social Change* 112, 79–91. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.001>

Bechky, B.A., 2003. Sharing Meaning across Occupational Communities: The Transformation of Understanding on a Production Floor. *Organization Science* 14, 312–330.

Brown, J.S., Duguid, P., 1991. Organizational Learning and Communities-of-Practice: Toward a Unified View of Working, Learning, and Innovation. *Organization Science* 2, 40–57. <https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.40>

Bulpin, K., Molyneux-Hodgson, S., 2013. The disciplining of scientific communities. *Interdisciplinary Science Reviews* 38, 91–105. <https://doi.org/10.1179/0308018813Z.00000000038>

Burt, R.S., 2000. The Network Structure Of Social Capital. *Research in Organizational Behavior* 22, 345–423. [https://doi.org/10.1016/S0191-3085\(00\)22009-1](https://doi.org/10.1016/S0191-3085(00)22009-1)

Burt, R.S., 1997. The Contingent Value of Social Capital. *Administrative Science Quarterly* 42, 339–365. <https://doi.org/10.2307/2393923>

Callon, M., 1994. Is Science a Public Good? Fifth Mullins Lecture, Virginia Polytechnic Institute, 23 March 1993. *Science, Technology, & Human Values* 19, 395–424. <https://doi.org/10.1177/016224399401900401>

Carillo, M.R., Papagni, E., 2014. “Little Science” and “Big Science”: The institution of “Open Science” as a cause of scientific and economic inequalities among countries. *Economic Modelling* 43, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.06.021>

- Carlile, P.R., 2004. Transferring, Translating, and Transforming: An Integrative Framework for Managing Knowledge across Boundaries. *Organization Science* 15, 555–568.
- Carrazza, S., Ferrara, A., Salini, S., 2016. Research infrastructures in the LHC era: A scientometric approach. *Technological Forecasting and Social Change* 112, 121–133. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.02.005>
- Cramer, K.C., Hallonsten, O., Bolliger, I.K., Griffiths, A., 2020. Big Science and Research Infrastructures in Europe: History and current trends, in: *Big Science and Research Infrastructures in Europe*. Edward Elgar Publishing, pp. 1–26.
- Crane, D., 1977. SOCIAL STRUCTURE IN A GROUP OF SCIENTISTS: A TEST OF THE “INVISIBLE COLLEGE” HYPOTHESIS*, in: Leinhardt, S. (Ed.), *Social Networks*. Academic Press, pp. 161–178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-442450-0.50017-1>
- Cohendet, P., 2014. Les communautés de connaissance, *Projet BourbaKeM Élément n°6*.
- Constant, E.W., 1984. Communities and Hierarchies: Structure in the Practice of Science and Technology, in: Laudan, R. (Ed.), *The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Change Relevant?* Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 27–46. https://doi.org/10.1007/978-94-015-7699-4_2
- Cross, R., Prusak, L., 2002. The People Who Make Organizations Go—or Stop. *Harvard Business Review* 104–112.
- D’Ippolito, B., Rüling, C.-C., 2019. Research collaboration in Large Scale Research Infrastructures: Collaboration types and policy implications. *Research Policy* 48, 1282–1296. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.011>
- Del Bo, C.F., 2016. The rate of return to investment in R&D: The case of research infrastructures. *Technological Forecasting and Social Change* 112, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.02.018>
- Dibiaggio, L., Ferrary, M., 2003. Communautés de pratique et réseaux sociaux dans la dynamique de fonctionnement des clusters de hautes technologies. *rei* 103, 111–130. <https://doi.org/10.3406/rei.2003.3112>
- European Commission. Directorate-General for Research, 2010. Cost control and management issues of global research infrastructures : Report of the European expert group on cost control and management issues of global research infrastructures. Publications Office, LU.
- Fleming, L., Waguespack, D.M., 2007. Brokerage, Boundary Spanning, and Leadership in Open Innovation Communities. *Organization Science* 18, 165–180.
- Florio, M., 2019. *Investing in Science: Social Cost-Benefit Analysis of Research Infrastructures*. MIT Press.
- Florio, M., Sirtori, E., 2014. The Evaluation of Research Infrastructures: A Cost-Benefit Analysis Framework. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2722500>
- Fong, A., Valerdi, R., Srinivasan, J., 2007a. Boundary Objects as a Framework to Understand the Role of Systems Integrators. *Syst. Res. Forum* 02, 11–18. <https://doi.org/10.1142/s1793966607000042>
- Fong, A., Valerdi, R., Srinivasan, J., 2007b. Using a Boundary Object Framework to Analyze Interorganizational Collaboration. *INCOSE International Symp* 17, 1843–1857. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2007.tb02988.x>
- Haas, P.M., 1992. Introduction: epistemic communities and international policy coordination. *International organization* 46, 1–35.
- Hallonsten, O., Christensson, O., 2017. Collaborative technological innovation in an academic, user-oriented Big Science facility. *Industry and Higher Education* 31, 399–408. <https://doi.org/10.1177/0950422217729284>
- Hallonsten, O., Christensson, Oskar, 2017. An ex post impact study of MAX-lab. Lund University School of Economics and Management, Lund.

- Hameri, A.-P., 1997. Innovating from big science research. *J Technol Transfer* 22, 27–35. <https://doi.org/10.1007/BF02509160>
- Heidler, R., Hallonsten, O., 2015. Qualifying the performance evaluation of Big Science beyond productivity, impact and costs. *Scientometrics* 104, 295–312. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1577-7>
- Horlings, E., Somers, A., Gurney, T., 2012. Horlings, The societal footprint of big science. In: Rathenau Instituut Working Paper 1206.
- Huvila, I., Anderson, T.D., Jansen, E.H., McKenzie, P., Worrall, A., 2017. Boundary objects in Information Science. *Journal of the Association for Information Science and Technology* 68, 1807–1822.
- Joerges, B., Shinn, T. (Eds.), 2001. *Instrumentation Between Science, State and Industry*. Springer Netherlands, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-9032-2>
- Knorr-Cetina, K.D., 1982. Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research? A Critique of Quasi-Economic Models of Science. *Soc Stud Sci* 12, 101–130. <https://doi.org/10.1177/030631282012001005>
- Kwon, S.-W., Rondi, E., Levin, D.Z., De Massis, A., Brass, D.J., 2020. Network Brokerage: An Integrative Review and Future Research Agenda. *Journal of Management* 46, 1092–1120. <https://doi.org/10.1177/0149206320914694>
- Lettkemann, E., 2017. Nomads and settlers in the research-technology regime: The case of transmission electron microscopy. *Social Science Information* 56, 393–415. <https://doi.org/10.1177/0539018417719396>
- Lu, D., Zhiqiang, W., Zhiyu, T., Yizhan, L., Hong, Z., Zexia, L., 2024. Evaluating Interdisciplinary Contributions to Synchrotron Radiation Studies: Scientometric Insights into Novelty and Disruption. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries* 13, 483–512.
- Mangematin, V., Peerbaye, A., 2004. Les grands équipements en sciences de la vie : quelle politique publique ? *Revue française d'administration publique* 112, 705–718. <https://doi.org/10.3917/rfap.112.0705>
- Meyer, M., Molyneux-Hodgson, S., 2011. « Communautés épistémiques » : une notion utile pour théoriser les collectifs en sciences ? *Terrains & travaux* 18, 141–154. <https://doi.org/10.3917/tt.018.0141>
- Molyneux-Hodgson, S., Meyer, M., 2009. Tales of Emergence—Synthetic Biology as a Scientific Community in the Making. *BioSocieties* 4, 129–145. <https://doi.org/10.1017/S1745855209990019>
- Murillo, E., n.d. Communities of Practice in the business and organization studies literature.
- Nooteboom, B., 2006. Cognitive Distance in and Between COP's and Firms: Where do Exploitation and Exploration Take Place, and How are They Connected? <https://doi.org/10.2139/ssrn.962330>
- Obstfeld, D., 2005. Social Networks, the *Tertius Iungens* Orientation, and Involvement in Innovation. *Administrative Science Quarterly* 50, 100–130. <https://doi.org/10.2189/asqu.2005.50.1.100>
- OECD, 2019. Reference framework for assessing the scientific and socio-economic impact of research infrastructures, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). <https://doi.org/10.1787/3ffee43b-en>
- Qiao, L., Mu, R., Chen, K., 2016. Scientific effects of large research infrastructures in China. *Technological Forecasting and Social Change* 112, 102–112. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.07.029>
- Rosenberg, N., 1992. Scientific instrumentation and university research. *Research Policy* 21, 381–390. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(92\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0048-7333(92)90035-3)

- Ryan, A., O'Malley, L., 2016. The role of the boundary spanner in bringing about innovation in cross-sector partnerships. *Scandinavian Journal of Management* 32, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2015.09.002>
- Shinn, T., Ragouet, P., 2000. Formes de division du travail scientifique et convergence intellectuelle. *La recherche technico-instrumentale. Revue française de sociologie* 41, 447–473. <https://doi.org/10.2307/3322541>
- Simoulin, V., 2016. Les générations de synchrotrons : des communautés et des équipements au croisement du national et de l'international. *Revue française de sociologie* Vol. 57, 503–528. <https://doi.org/10.3917/rfs.573.0503>
- Simoulin, V., 2012. *Sociologie d'un grand équipement scientifique*. ENS Editions.
- Simoulin, V., 2007. Une communauté instrumentale divisée... et réunie par son instrument. *rac* 1. <https://doi.org/10.3917/rac.002.0221>
- Söderström, K.R., Åström, F., Hallonsten, O., 2022. Generic instruments in a synchrotron radiation facility. *Quantitative Science Studies* 3, 420–442. https://doi.org/10.1162/qss_a_00190
- Star, S.L., 2010. This is Not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept. *Science, Technology, & Human Values* 35, 601–617.
- Star, S.L., Griesemer, J.R., 1989. Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Soc Stud Sci* 19, 387–420. <https://doi.org/10.1177/030631289019003001>
- Steger, C., Hirsch, S., Evers, C., Branoff, B., Petrova, M., Nielsen-Pincus, M., Wardropper, C., van Riper, C.J., 2018. Ecosystem Services as Boundary Objects for Transdisciplinary Collaboration. *Ecological Economics* 143, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.07.016>
- Sun, X., Kaur, J., Milojević, S., Flammini, A., Menczer, F., 2013. Social Dynamics of Science. *Sci Rep* 3, 1069. <https://doi.org/10.1038/srep01069>
- Tushman, M.L., 1977. Special Boundary Roles in the Innovation Process. *Administrative Science Quarterly* 22, 587–605. <https://doi.org/10.2307/2392402>
- Tushman, M.L., Scanlan, T.J., 1981. Boundary Spanning Individuals: Their Role in Information Transfer and Their Antecedents. *The Academy of Management Journal* 24, 289–305. <https://doi.org/10.2307/255842>
-
- Vinck, D., 2013. Pour une réflexion sur les infrastructures de recherche en sciences sociales: À propos de Brian KLEINER, Isabelle RENSCHLER, Boris WERNLI, Peter FARAGO & Dominique JOYE (eds.) (2013). *Understanding Research Infrastructures in the Social Sciences*. Zurich: Seismo. *Revue d'anthropologie des connaissances* 74, 993–1001. <https://doi.org/10.3917/rac.021.0993>
- Vinck, D., 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique: Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. *Revue française de sociologie* 40, 385–414. <https://doi.org/10.2307/3322770>
- Von Hippel, E., 1975. The Dominant Role of Users in the Scientific Instrument Innovation Process.
- Wenger, E., Trayner, B., De Laat, M., 2011. Promoting and assessing value creation in communities and networks: A conceptual framework.
- Winter, S.J., Butler, B.S., 2011. Creating Bigger Problems: Grand Challenges as Boundary Objects and the Legitimacy of the Information Systems Field. *Journal of Information Technology* 26, 99–108. <https://doi.org/10.1057/jit.2011.6>
-
- Zuijdam, F., Boekholt, P., Deuten, J., Meijer, I., Vermeulen, N., 2011. The role and added value of large-scale research facilities. Technopolis group. Final Report. https://www.ramiri.eu/assets/images/1308658858Technopolis_report.pdf

6. Appendices

6.1 Interview guidelines

GUIDE D'ENTRETIEN

Arman Avadikyan, Kenza Bousedra , Sandrine Wolff
(Bureau d'Économie Théorique et Appliquée)

I. PRÉSENTATION

Contexte :

Etude d'impact générale de SOLEIL conduite par une équipe strasbourgeoise de 6 à 7 personnes du BETA (UMR 7522, Université de Strasbourg, UL, INRAE)

Question générale : Impact de SOLEIL sur les communautés utilisatrices
(+ Impact retour des communautés sur SOLEIL)

Objectif de l'étude : Qualifier cet impact à un niveau méso-économique
dans une perspective dynamique (évolution de communauté dans le temps)

Principes méthodologiques :

Approche exploratoire et qualitative via des interviews semi directifs
Analyse rétrospective

Démarche générale :

- 1) Sélection de communautés utilisatrices selon des critères tels que : durée d'existence suffisante, variété de niveaux de maturité, variété disciplinaire, dynamiques d'évolution contrastées,...
- 2) Retracer l'historique de ces communautés et de leur relation avec SOLEIL

II. ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF

Thèmes à traiter :

- Origine et principaux jalons d'évolution
 - Composition de la communauté ($\pm$ homogène, $\pm$ internationale, présence d'industriels, de *star scientists*,...)
 - Domaine de connaissance de la communauté ($\pm$ interdisciplinaire, $\pm$ nouveau, $\pm$ dépendant de l'instrument,...)
 - Identité de la communauté : associations, conférences, revues, infrastructures dédiées et BDD, dispositifs de formation, vulgarisation,...
 - Rôle de SOLEIL (création, booster, mise en relation de communautés,...) et par quels mécanismes (accompagnement de l'utilisateur, collaboration, adaptation de l'instrument, personne-clé, mobilité RH, projet de recherche,...)
 - Influence retour des utilisateurs sur SOLEIL (évolution de l'instrument, des modes d'accès,...)
 - Identification de quelques représentants de ces communautés utilisatrices en vue de futurs interviews
-

6.2 Characterization of impact mechanisms for the biomed user group – Verbatim excerpts

Channel	Verbatim excerpt
EXPERIMENTS AT SOLEIL	
Beamline (BL) support to users during the experiments	B19.1 « En fait ça revient à une concentration importante de scientifiques [de ligne] de très haut niveau et qui en plus ont cette démarche de services qui est assez rare dans la science de ce niveau... » B19.2 « Parfois on a besoin de l'aide du personnel de la ligne et là effectivement ça peut justifier qu'ils soient sur les publications » B19.3 « Sans les compétences de ces gens-là [les scientifiques de ligne] on ne pourrait pas avancer de la même façon. C'est normal qu'ils se trouvent coauteurs ! » B19.4 « Il y a des gens qui le disent d'ailleurs dans leur demande de projet, typiquement en infrarouge, qui demandent du temps sur la machine mais [...] ils disent qu'ils demandent aussi du temps de scientifique, ouvertement »
Beamline scientists support to user after the experiments	B20.1 « Là on a un post-doc qui est vraiment un codeur magicien [...] il prend en compte la façon dont l'instrument collecte les données pour avoir une analyse en ligne en fonction de comment l'échantillon a été positionné, ou avoir l'analyse qui va se faire en direct pour que ça aille le plus vite possible. Le gros problème du temps synchrotron c'est que pour une heure passée, il y a dix heures d'analyse. » B20.2 « Dans le synchrotron il y a 'faire les images', ça c'est une chose et en général ça prend quelques jours, mais après il y a tout le post traitement qui prend énormément de temps. Effectivement en fonction de la façon dont les gens s'impliquent dans le post traitement, parfois on a besoin de l'aide du personnel de la ligne [...]. » B20.3 « Il y a l'acquisition mais il y a le traitement des données qui peut aussi être extrêmement complexe, typiquement les données de tomographie, tous les trucs avec des équivalents de scanners à très haute résolution qui ont été développés récemment. Ça aboutit à des tonnes de données et pour l'instant j'ai l'impression que seuls les groupes à savoir exploiter ça, ce sont des groupes dont c'est le cœur de spécificité. »
BL adaptation to users (instrument, software, access, method)	B21.1 « j'ai beaucoup automatisé pour cette communauté et je vais continuer à le faire. C'est très important pour eux. L'idée c'est de faire exactement ce qui se fait dans un Service d'Anapath, on a des scanners de lames à distance et l'anapath regarde des lames virtuelles qui ont été numérisées et qui sont sur un serveur. » [and further on, about access mode] « ce qu'on a mis en place c'est que tous les mardis soir sur Disco – la nuit du mardi au mercredi – c'est réservé au diagnostic médical. » B21.2 « Disco j'étais autonome très vite. [...] Il y en a [beamline instruments] qui ressemblent plus à des microscopes que d'autres. »
MEETINGS AND COMMITTEES	
SOLEIL user meeting (and committees)	B23.1 « Le synchrotron Soleil avait fait des sortes de conférences, colloques, pour présenter Soleil : 'Soleil va s'ouvrir à la communauté biomédicale'. Ils avaient fait quelques présentations à l'université et puis il y avait un petit comité qui s'était formé. » B23.2 [answering a question about new encounters at SOLEIL] « Oui. J'avais fait la rencontre à l'occasion d'un user meeting de [name of another user], avec qui nous avons quelques travaux communs. Oui, ça a déclenché une collaboration scientifique. Lui, c'est un habitué de Soleil ». » B23.3 « Ça dépend. Dans le passé l'Inserm avait organisé une journée qui était dédiée à l'utilisation du rayonnement synchrotron. C'est là où en fait les utilisateurs qui sont porteurs, on peut les identifier facilement sur internet. [...] on a aussi organisé la journée, si, on était en charge de cette journée parce que ça tourne. [...] Ça permet de donner un esprit à nos collègues médecins pour voir quelles sont les applications possibles, par exemple dans la lumière synchrotron pour telle ou telle maladie. Il y a des user meetings aussi à Soleil. Oui, on se connaît. On sait qui travaille dans tel domaine. »

Scientific committees	B24.1 « Il y a en permanence un médecin dans le comité de programme Biologie/Médecine de Soleil.» B24.2 « ça fait plus de quatre ans que j'ai été sollicité(e) pour participer au Comité de Rewieving en biologie et santé au Synchrotron Soleil, ce que j'ai accepté. » B24.3 « comme on est très peu de médecins à avoir passé le pas d'utiliser ces outils, assez vite ils m'ont demandé de faire partie du comité d'évaluation des projets en santé . » B24.4 « Et depuis deux ans, je fais partie du Peer Review Committee 5 (PRC) 'Biologie Santé'. Il faut savoir que je ne suis pas du tout [médecin hospitalier]. »
OUTREACH	
Institutional communication	B25.1 « [About an outstanding paper] « C'était bien reçu. Il y a eu pas mal de communiqués de presse parce que pour des patients ça avait quand même changé la donne. [...] il y a eu pas mal de communiqués de presse et dont aussi l'Inserm qui a fait un communiqué de presse. Soleil en avait fait un. On avait fait un communiqué de presse pour [Journal title], le Cnrs aussi en a fait un. »
Pilgrim's baton	B26.1 « Il y a aussi prendre son bâton de pèlerin, aller dans les hôpitaux et leur dire comme vous travaillez, ce n'est pas comme ça qu'il faut faire. » [and further on] « Mais il faudrait que je reprenne mon bâton de pèlerin pour faire les hôpitaux parce qu'en fait culturellement...» B26.2 « C'est une communauté qui est très très chronophage dans le sens où il faut tout le temps les relancer, tout le temps les travailler au corps. » B26.3 « Lui [about a SOLEIL scientist] était particulièrement intéressé par les aspects médicaux. C'est vrai que c'est lui qui avait été moteur sur cet axe-là. »
COLLABORATION (ANR, EU, GDR, co-development, etc.)	
Between SOLEIL and users	B28.1 [About formal collaboration between SOLEIL and users] « On a essayé de faire des choses avec l'Inserm mais ça n'a jamais trop marché, c'est un peu compliqué d'aller plus loin. On avait essayé de faire ce qu'on a fait avec l'Inrae [i.e. un large framework agreement] mais avec l'Inserm c'est plus dur. »
Between users (via SOLEIL/on their own)	B29.1 [about an EU project, a European University Alliance] « j'ai vu cette opportunité de créer une formation où je vais traiter des sujets qui m'intéressent et qui sont liés à mes projets de recherche. [L'EUA existe] depuis 2019 et du coup, en collaboration avec Soleil, on a créé une école d'été [...] qui est pour les étudiants de licence jusqu'au Phd, où on voit les applications de la lumière synchrotron, pas uniquement en médecine mais aussi dans l'environnement.[...] Grâce à des actions comme ça [...], on se rencontre. La communauté n'est pas très grande, ils se connaissent, ça c'est sûr. » B29.2 [about a techno transfer project] « Ce projet a été construit petit à petit dans un petit labo. Maintenant on travaille avec la SATT, c'est la SATT qui nous protège, qui a tout le regard sur le projet pour bien nous guider. [...] C'est vraiment un projet très large. On a commencé par [pathologie d'un organe] et maintenant on travaille aussi sur d'autres [organes]. [...] La collaboration avec le médical c'est beaucoup de temps, de discussions, de démarches et on arrive au concret après. Et du coup avec l'hôpital [Hospital name] on a passé énormément de temps dans les démarches et là depuis 2012-2014 vraiment on travaille. Il y a du travail, il y a des échantillons, il y a tout ça. Là on est en train de faire la même chose avec l'hôpital [other hospital name] et [other hospital] et on a travaillé concrètement avec [other hospital] aussi. [...] Concrètement depuis 2014 on a tout mis sur les rails, tous les accords et tout ça. »
TRAINING ON BL USE	
Doctoral schools and training for scholars	B30.1 [combination with B29.1] « Grâce aussi à des actions comme ça [organiser une école d'été dans le cadre du programme EUA [...] où il y a des séminaires sur l'utilisation des grands instruments, on se rencontre.» B30.2 [Question about giving a course] « Voilà, à l'hôpital [hospital name] où on a développé des méthodes, depuis cinq/six ans je fais un cours « les grands instruments au service de la [name

	<i>of a pathology] » [and further on]. Oui [cela a été fructueux de faire des cours] parce qu'ils [les scientifiques de SOLEIL] ont quand même des échantillons qui viennent d'autre part que de [hôpital cité plus haut.] »</i>
RECRUITMENT	
Permanent researcher	<i>B31.1 « il y a [permanent position] qui a été recruté à la Fac [...], qui était post-doc à Soleil et qui est spécialiste du synchrotron, pour travailler avec les médecins sur les applications synchrotron. »</i> <i>B31.2 « Je suis actuellement [permanent position] [...] Je me suis présenté(e) à un poste qui était intitulé 'utilisation de la lumière synchrotron en recherche biomédicale' [...] Dans le passé j'ai fait un post-doctorat au Synchrotron Soleil. »</i> <i>B31.3 « En [year Y=0] le poste est créé, en [year Y+1] [name of permanent above] est recruté(e) et on peut dire qu'on a commencé à fonder un groupe.[...] C'est donc une équipe qui a été créée sur cette base-là [...] en [year Y+4] et renouvelée en [year Y+9].</i>
COMMUNITY USUAL CHANNELS	
Conferences, publications	<i>B32.1 « Et on a passé quelques échantillons pendant son stage et on a eu des résultats vraiment... à tel point qu'il a eu le prix. C'était quelque chose de très bien. Il a fait je ne sais combien de conférences en parlant du projet. [...] donc c'est un projet qui a récolté beaucoup d'attention dans d'autres domaines aussi, qui ont trouvé le potentiel... [...] Même quand je suis dans des conférences ou autres, pas mal de personnes me contactent parce qu'elles ont envie de travailler avec moi. Le problème c'est que si je n'ai pas de financement pour le personnel... et en même temps le projet prend une autre dimension maintenant.</i> <i>B32.2 « En termes de publication c'est un peu quitte ou double c'est-à-dire que [les articles synchrotron] c'est à la fois un peu sexy et à la fois il y a beaucoup de journaux ou de reviewers qui n'aiment pas parce qu'ils ne se sentent pas capables d'évaluer. Comme ils ne connaissent pas, ils ne savent pas, ils n'aiment pas trop. [...] Ce n'est pas si facile que ça de publier. La médecine translationnelle avec du synchrotron, ce n'est pas si évident.»</i> <i>B32.3 « [Les travaux à l'interface entre la médecine et la physique] c'est inconfortable pour publier, pour plusieurs raisons : d'abord parce que les revues ont souvent une ligne éditoriale et à l'interface il n'y a pas grand-chose et donc on n'est jamais du bon côté. [...] ; et puis c'est aussi inconfortable parce que ces travaux-là sont des travaux avec une très forte dimension collaborative, avec tout l'intérêt que ça représente mais aussi toute la difficulté que ça représente, la collaboration, en termes d'entente entre les gens, de partage des positions sur les articles. [...] Aujourd'hui on a créé une équipe, c'est validé et on a publié dessus, donc on est quand même crédibles mais en même temps on a touché aussi du doigt les limites de ces projets-là »</i>
Proximity, word of mouth	/
PhD and Postdocs	<i>B33.1 [A user explaining why he went to SOLEIL as a doctoral student] « Le fait que mon directeur soit issu de cette communauté. Mon directeur était [name of an experienced user]. Comme il est très intégré à cette communauté, il connaît des gens et donc pour lui, pour une question donnée il va assez vite avoir tendance à penser à un outil de Soleil ». [Further on] « j'ai fait faire une série de manip à thésard [...] Je lui ai fait déposer du temps de faisceau sur Disco qui a été accepté mais ça n'a malheureusement jamais conclu. »</i> <i>B33.2 « [les doctorants et les post-docs] on les associe. On a eu des doctorants qui sont venus travailler sur la ligne [...] En général c'est très apprécié. [...] C'est très valorisant pour un étudiant d'avoir une expérience synchrotron. Je pense que c'est quelque chose qu'ils peuvent même valoriser dans leur cursus, dans leur expérience. »</i> <i>B33.3 « On a eu des stagiaires dans le passé, des étudiants en thèse aussi. Ça c'est un élément qui est moins évident, c'est que quand on fait des travaux à l'interface ce n'est pas toujours évident de recruter des étudiants qui soient intéressés par les interfaces. Or les travaux que nous faisons c'est l'interface entre la physique et la médecine. »</i>

6.3 Characterization of impact mechanisms for the QM user group

– Verbatim excerpts

Channel	Verbatim excerpt
EXPERIMENTS AT SOLEIL	
Beamline (BL) support to users during the experiments	M18.1 « A Soleil, ce qui est formidable c'est qu'il y a des gens qui connaissent la ligne et qui vous accueillent. [...] En fait ils nous apprennent. [...] De toute façon les responsables de ligne, il faut qu'ils ne soient pas loin. Ça arrive qu'en pleine nuit, ils disent « si vraiment tu es bloquée jusqu'à 11h, tu peux m'appeler » et on l'appelle parce qu'on ne veut pas tout casser et empêcher les quarante personnes qui sont en train de faire des manips ce soir-là de faire des manips aussi. » M18.2 « Il y a des lignes où on est autonomes à 100 %, des lignes où c'est à 60 % et parfois ça nous arrange. On peut être autonomes mais pourquoi ça nous arrange ? Parce que nous on a des objectifs bien définis et eux [les responsables de ligne] parfois connaissent les subtilités techniques mieux que nous. Et donc en complétant les deux, c'est beaucoup plus efficace. [...] Par exemple moi je vais être autonome mais parfois j'ai envie de sortir des choses très très fines et si le scientifique est là à côté, c'est beaucoup plus simple. Je lui dis juste l'objectif, il me donne un coup de main et ça peut aller vite. » M18.3 « Ils [les responsables de ligne] sont là au début et une fois qu'on a vu ensemble quelles étaient les conditions expérimentales, on est autonome. Les acquisitions de données sont simples sur cette ligne. En général, sur cette ligne-là, les utilisateurs sont dits autonomes. Par contre, si on fait de la pression, là techniquement c'est compliqué et là il y a quelqu'un qui est avec nous, au moins au début. Après comme on a des sujets scientifiques qui les intéressent, ils nous suivent mais on n'a pas besoin de leur accompagnement quotidien sauf au démarrage. Et après pour remplir un des détecteurs qui a besoin d'être refroidi à très basse température, moi je ne le fais pas parce que j'oublie à chaque fois les procédures. Sinon on est capables d'être autonome. » M18.4 Excerpt from SOLEIL scientist « Les expériences sur les matériaux quantiques, ce ne sont pas des expériences faciles. Ce sont des expériences qui demandent une expertise et c'est pour ça qu'on a une force parce que souvent nous on finit presque par être des collaborateurs parce qu'ils ont énormément besoin de nous. »
Beamline scientists support to user after the experiments	M19.1 « [A propos des scientifiques de ligne de SOLEIL] Ce sont des scientifiques à part entière et pas des techniciens qui sont juste là pour mettre le faisceau et ils nous laissent nous débrouiller. C'est un vrai échange sur qu'est-ce qu'on est en train d'étudier, qu'est-ce qu'on voit, l'analyse des données comment on va la faire, après écrire un article. » M19.2 « [Question : Sur le traitement des données, une fois les données acquises, vous les analysez dans votre laboratoire ou est-ce que les scientifiques de ligne amènent leurs compétences ?] [...] pour l'analyse de données, comme ils [les scientifiques de ligne] ont une expertise sur différents matériaux, on va échanger pour trouver les astuces pour éliminer le bruit, des choses comme ça, ou d'interprétation pour les spectres. En spectroscopie, c'est vrai que les équipes développent des logiciels, on n'utilise pas les mêmes, on s'échange. Donc il y a des interactions un petit peu mais qui ne sont pas nécessaires, qui ne sont pas très fortes. Après je dirais qu'on discute plus, par exemple sur le paramètre température où des fois on a des doutes, pour la calibration, ça va être pareil pour la pression. Et grâce à leur savoir-faire ils vont nous dire « non là, on n'est pas très sûrs, il faut mettre une grande barre d'erreurs », « là non, je peux t'assurer, ce n'est pas le bruit ». »

BL adaptation to users (instrument, software, access, method)	M20.1 « Quand on fait l'expérience, on discute avec eux [les responsables de ligne], on dit « est-ce que vous pouvez faire ça ? ». Et en général les gens sont très réceptifs pour aider. [...] Ils sont aussi très ouverts à la discussion. [...] » [Question : Et ça attire davantage de monde ces adaptations, à votre avis ?] « Largement, oui. Plus il y a d'ouvertures, plus il y a d'améliorations. » M20.2 « On arrive avec des trucs et on dit « tiens, si on pouvait tourner dans ce sens-là, monter/descendre en même temps, chauffer, refroidir ». Ils [les responsables de ligne] s'adaptent aussi forcément aux besoins des gens et donc soit ils l'ont tout de suite, soit ils vont devoir faire un projet et on en bénéficiera une prochaine fois. [Question : Ce qui veut dire que vous ne serez pas les seuls à en bénéficier, qu'il y aura d'autres utilisateurs qui pourront l'utiliser.] « Oui. Des fours qui vont très haut, sous vide ou pas sous vide. C'est interactif. »
MEETINGS AND COMMITTEES	
SOLEIL user meetings	M22.1 « J'étais au Comité des Utilisateurs de Soleil, Orgues, pendant quatre ans, il y a quelques années, en plein dans le début de la discussion sur Open Science. » M22.2 « Moi je vais être élue dans la communauté [des utilisateurs de SOLEIL] 2008-2013. [...] À l'époque on appelait ça Orgues et je suis élue membre d'Orgues. Et pour ma communauté qui s'appelait Surface Interface Nano-objet. [Question : Est-ce que vous avez, en tant qu'utilisateur, contribué à la définition et à la conception de certaines lignes de lumière ?] Oui. J'avais été contactée par le Comité de lignes à la même époque, 2008, de la ligne Demos qui va ouvrir en 2010. Pendant que je vais être au Comité d'Utilisateurs, je ne ferai pas de manip sur Soleil. J'en aurais peut-être fait une et ce n'est pas sûr. J'étais intéressée mais je n'étais pas utilisateur moi-même. Ça démarrait et les lignes qui m'intéressaient n'étaient pas forcément ouvertes. [...] Disons que j'avais envie de le faire parce que c'était le démarrage d'un truc, c'était un projet qui me, qui nous, me tenait à cœur. Pour la collectivité, ça me plaisait d'y aller. [...] Mais je trouvais que c'était un peu beaucoup d'investissement, de déplacements, pour ne pas avoir une très forte action. Par contre, pour nous, c'était très intéressant c'est-à-dire qu'on avait la direction qui nous faisait des exposés, qui nous expliquait les avancées de construction, les choix. »
Scientific committees	N.A.
OUTREACH	
Institutional communication	M23.1 Excerpt from SOLEIL scientist « La brochure [...] on a fait ça pendant la pandémie, en 2020. Si tu y jettes un coup d'œil, tu verras qu'il y a pas mal d'exemples avec beaucoup de communautés et puis il y a des chiffres. Depuis 2006 il y a mille publications sur le sujet qui sont sorties de Soleil. Ce n'est pas rien ! Tu verras à la fin de la brochure, il y a des chiffres clés. »
Pilgrim's baton	N.A.

COLLABORATION (ANR, EU, GDR, co-development, etc.)	
Between SOLEIL and users	M24.1 « Il y a des collègues qui sont vraiment associés à des lignes, qui ont une sorte de double statut. J'ai des collègues ici sur le campus qui travaillent sur Tempo. La ligne est séparée en deux et l'autre branche que je n'utilise pas, ce sont essentiellement des collègues universitaires qui ont développé la technique. Ils avaient besoin d'utiliser le rayonnement synchrotron pour ce genre de choses. Donc c'est à différents niveaux. Il peut y avoir des gens qui collaborent pour aider à développer un nouveau détecteur, ce genre de choses. » M24.2 « Il y a tout le temps des évolutions. Le premier projet que j'ai eu avec eux [les scientifiques de ligne], c'étaient les basses températures [...] Donc je dirais que la première évolution, c'était d'être capable de descendre jusqu'à 10 Millikelvin. Ensuite j'ai développé avec eux dans ces Millikelvin, à faire un système d'échantillons tournants. Ensuite, ils ont développé de leur côté la pression, un autre paramètre température pression. Là, c'est vraiment eux qui ont initié ça et moi j'ai poussé à ce qu'on aille encore plus bas en température. C'était un gros projet ANR. » M24.3 « Il y a le PEPR [Programmes et Equipements Prioritaires de Recherche] – je ne connais pas les détails de tout ça – Spleen où l'Institut Jean Lamour joue un rôle dedans ; il y a le Pepr Diadème il me semble. Oui, le labo intervient. Après il y a une Fédération autour des techniques de photoémission qui s'appelle la Fédération de Recherche des Spectroscopies d'Electrons et là l'Institut Jean Lamour, et en particulier notre équipe, est aussi impliqué là-dedans. Il y a des GDR [Groupements de Recherche] aussi. » [Question : Et Soleil intervient aussi ?] « Soleil, je pense, via des responsables de ligne qui participent ou même dans les conférences que j'ai mentionnées avant et les écoles d'été où il y a des interventions de responsables de ligne et scientifiques de ligne. »
Between users (via SOLEIL/on their own)	M25.1 « Je collabore beaucoup avec ces équipes-là, les collègues de [4 laboratoires différents]. C'est dans le cadre de projets Anr. Quand on a des projets Anr, on utilise des mesures ensemble et on utilise Soleil pour ces projets-là. » M25.2 « On a quand même eu accès, par collaboration avec d'autres équipes, à Soleil. On a eu du temps de faisceau au moins deux fois par an à Soleil ou dans les autres Synchrotrons. On a des ANR comme tout le monde. [...] Oui, oui, [nous allons] très souvent avec d'autres [chercheurs d'autres labos]. Maintenant avec les ANR depuis 2005, c'est très bien vu » M25.3 « Je fais de plus en plus de projets avec de nouvelles équipes, de nouveaux collaborateurs qui deviennent après des utilisateurs de la ligne Ailes. » M25.4 « Et en parallèle j'allais sur une autre ligne qui est Cassiopée mais pas pour mes manips mais surtout pour les manips de mes collègues japonais avec qui j'avais gardé le contact. [...] Bien sûr on [son équipe de recherche] collabore. Le doctorant que j'ai et qui est en train de terminer sa thèse, je le co-encadre avec un autre collègue [d'une autre équipe du même laboratoire] qui utilise aussi beaucoup le rayonnement synchrotron mais sur la partie diffraction des rayons X. [...] Et c'est en ça qu'on est complémentaire et que c'est bien de co-encadrer une thèse. [...] Et on a dans le cadre d'une ANR, qui est portée par un de mes collègues de l'équipe [...], des collaborateurs à [autre laboratoire] et là c'est intéressant parce que c'est un collègue qui a été embauché il n'y a pas très longtemps et qui monte une manip de photoémission telle qu'on pourrait les faire en synchrotron. C'est moins performant, ce ne sont pas les mêmes caractéristiques parce qu'on n'a pas le rayonnement synchrotron. Il utilise beaucoup le rayonnement synchrotron par ailleurs parce que ça peut être complémentaire les expériences de laboratoire et en synchrotron. [...] Et nous on collabore avec eux et donc on aura l'occasion de faire des run synchrotron en commun. » M25.5 « Sur la matière complexe, on a un GDR qui s'appelle Meeticc. [...] Les gros Centres de Recherche, c'est Paris et Grenoble, peut-être un petit peu Bordeaux. [...] À l'Institut Néel, par exemple, qui est un gros laboratoire, je dirais en permanents (en comptant large), il y a une soixantaine de personnes. Historiquement, à Grenoble c'était très très fort. Ça a décliné en faveur d'abord des systèmes nanosciences en couches minces, puis maintenant en méso. On sent une réémergence grâce au quantique. Et puis les thématiques ont évolué c'est-à-dire qu'ont émergé des nouvelles thématiques, je ne vous ai pas parlé des systèmes topologiques. Là c'est des nouveaux concepts physiques qui apparaissent, qui font partie du renouveau de ces thématiques. D'ailleurs l'école du Gdr Meeticc qui a lieu une fois dans la formation du GDR. »

	M25.6 [Question : Je suis tombé sur le Groupement de Recherche Nanoalliages, est-ce qu'on pourrait caractériser ça comme une communauté ?] « Oui, c'est ma communauté [...]. En fait nanoalliages c'est vraiment générique. Mais nanoalliages ça veut dire qu'on met vraiment A et B ensemble à taille du nanomètre. Ces nanoalliages vont tous être étudiés pour des choses différentes, comme je vous dis la catalyse, l'optique, le magnétisme. Et la communauté magnétique et très petite. »
TRAINING ON BL USE	
Doctoral schools and training for scholars	M26.1 « [Question : est-ce qu'il y a des formations, écoles qui forment à l'utilisation du synchrotron ?] Il y en a plein. Il y a une école qui s'appelle Hercules. C'est plusieurs Synchrotrons qui vont parler des rayons X et aussi des neutrons qui est un autre type de grand instrument. [...] Après il y a des équipes qui proposent des formations, par exemple l'absorption X [...] ou bien une autre technique, ils vont faire des formations. Il y a des gens qui régulièrement vont proposer des écoles pour former. [...] Et puis il y a des écoles internationales. Par exemple pour le magnétisme, il y a une école qui a lieu près de Strasbourg, à Mittelwihr. [...] Il y a à la fois des spécialistes de chaque technique qui vont parler de la technique et puis il y a des Tp. Il y a beaucoup de choses de faites. Quand un étudiant arrive comme ça à cette école de formation, c'est super parce que déjà ça va lui ouvrir pas mal d'horizons, parce qu'il aura peut-être déjà fait une manip synchrotron mais il verra qu'on peut en faire d'autres ; et puis il peut apprendre sous forme de Tp. Souvent dans les écoles CNRS, par exemple Nanoalliages il y a des Tp sur des techniques synchrotron. On va regarder des choses qu'on peut faire en laboratoire mais on va aussi apprendre à dépouiller certaines expériences. M26.2 « [Question : Vous faites aussi des formations aussi vis-à-vis de doctorants, sensibiliser ?] Dans les enseignements ça m'arrive. Par exemple je fais des séminaires dans des Masters et je leur explique ce qu'on peut faire au Synchrotron. C'est dans un cadre très formel. » M26.3 « Je fais une école d'été justement, c'est un peu pour essayer d'élargir la communauté aux jeunes. Dès que j'ai l'occasion de faire des cours sur ce qui me motive c'est-à-dire le rayonnement synchrotron, les matériaux quantiques, mes matériaux quantiques ou d'autres, j'essaie de faire des cours. [...] J'ai [aussi] proposé à une collègue de co-organiser une école d'été à destination des étudiants en troisième année, L3, M1, M2 mais surtout L3, M1 pour essayer de leur montrer. C'est une école qui s'appelle Rayonnement synchrotron pour l'étude des matériaux. C'est l'étude des matériaux dans leur généralité et il y a une session Matériaux quantiques [...] Et la dernière journée, c'est une visite à Soleil où on leur montre l'installation, la salle de contrôle. On leur a bien sûr expliqué avant comment on produisait du rayonnement synchrotron, à quoi ça pouvait servir. Et ils voient différentes lignes. [...] Ça va être la troisième année et pour l'instant c'est seulement pour les étudiants de Sorbonne mais cette année on ouvre à Orsay et à Paris Cité. Et on espère que ça va créer des vocations. [Question : Vous voyez déjà les retombées ?] [...] C'est vrai qu'il y a un nombre non négligeable – c'est vrai que c'est une dizaine d'étudiants – sur les cinq dernières années, si on prend le Covid, qui ont fait une thèse et qui utilisent le rayonnement synchrotron. »

RECRUITMENT	
Permanent researcher	M27.1 « C'est ce que je fais avec mes thésards. Je les amène sur synchrotron et la plupart du temps ils sont assez fascinés et j'en ai beaucoup après qui d'ailleurs ont fait des post-docs ou qui ont été recrutés sur des Synchrotrons. » M27.2 « Pendant ma thèse, j'avais sympathisé avec un autre doctorant [...] qui est maintenant scientifique de ligne [...] à Soleil. » M27.3 « [Au sujet d'une scientifique de ligne de SOLEIL] [...] est thématiquement très proche de ce que je fais. Je l'avais repérée au GDR, j'ai encouragé sa candidature et j'étais très contente qu'elle soit recrutée. » M27.4 « Dans la thématique plus générale des matériaux fortement corrélés, avoir accès à différentes techniques complémentaires pour comprendre cette complexité [est] très importante. Ces dix dernières années, on sent vraiment que c'est les grands instruments... [...] Et on le sent dans la communauté des matériaux quantiques, les nouvelles embauches, il faut qu'il y ait un plus dans les techniques et ce qui apparaît c'est que les nouvelles techniques émergent des grands instruments. » 28.5 « [Question : Et pour les jeunes chercheurs qui restent dans la recherche académique, est-ce que vous savez si le fait qu'ils ont acquis cette expertise, ça leur a permis justement d'obtenir des postes ? Est-ce que c'est un argument auprès des comités de sélection, par exemple, pour obtenir un poste après ?] Ça aide mais de façon indirecte car les gens, par exemple, qui passent chez nous, qui font du Synchrotron, on peut dire qu'on arrive à un dossier meilleur que la moyenne. Quand on fait deux articles en une semaine et si on y va deux fois par an, ça fait quatre articles et un doctorant peut sortir avec douze articles. Et ça c'est beaucoup par rapport à la moyenne. La moyenne, c'est quatre, cinq, six. »
COMMUNITY USUAL CHANNELS	
Conferences, publications	M28.1 « Si on veut vraiment diffuser pour le Synchrotron en tant que tel, ce serait vraiment sur la qualité des résultats qu'on a obtenus et comment ils sont diffusés dans la communauté. [...] Ma collègue [...] quand elle présente ses résultats, tout de suite on voit dans les yeux des gens qui sont autour... C'est vraiment des choses nouvelles qui sont arrivées et donc ça c'est porteur pour le Synchrotron » M28.2 « Je dirais que les sollicitations [pour des collaborations informelles], c'est plus sur des sujets sur lesquels j'ai travaillé par le passé. Quelqu'un va venir me poser des questions sur ce sujet-là et le sujet que j'avais complètement oublié, on va le redémarrer ensemble et puis c'est eux qui vont le prendre. [Question : Parce que vous aviez publié dessus et on vous avait identifié] Oui, je pense que c'est ça. » M28.3 « [Question : Est-ce que les conférences, les publications sont quelque chose qui sont importantes pour peut-être convaincre les nouveaux utilisateurs ?] Oui, ça donne des idées. Quand on voit quelqu'un qui présente une belle manip sur un objet qui peut être proche de..., que ça nous donne de faire l'expérience, oui c'est important. À la fois, on peut influencer d'autres et nous on est influencés aussi par ce qu'on voit dans les présentations. » M28.4 Excerpt from SOLEIL scientist : « Ce qui fait venir les utilisateurs, c'est plutôt les résultats obtenus. S'ils sont de rang mondial, ce qui était le cas pour le graphène par exemple, on a fait des premières. À Soleil on a fait plein de premières dans le domaine des matériaux quantiques. Et ces premières-là montrent qu'on a les outils qui permettent d'investiguer la matière de manière très efficace et précise. Du coup effectivement ça attire des gens. »
Proximity, word of mouth, informal collaboration	M29.1 « [Question : Est-ce qu'à votre avis il y a des effets de proximité entre personnes d'un même labo pour s'entraîner à découvrir le Synchrotron ou le bouche à oreille.] Oui, oui. En fait les gens qui font appel au Synchrotron sont connus et les gens qui veulent y aller... Ça m'arrive que des collègues qui passent dans mon bureau, qui vont me dire ça ça, « qu'est-ce que tu en penses ? » [...] je les mets en contact avec telle ligne ou telle personne. Soit je

	contribue et je donne un coup de main, sinon je leur dis de contacter telle personne qui est plus compétente que moi, plus apte que moi, le responsable de ligne. Ça, ça arrive souvent. [Question : C'est-à-dire qu'après des autres chercheurs, vous êtes quand même visible et reconnu comme un expert du Synchrotron ?] Oui, oui, c'est mon étiquette, même pour les concours, pour les présentations. » M29.2 « Après peut-être aussi ils [les chercheurs qui la contactent pour une collaboration informelle] m'ont connu par d'autres canaux que les publications. »
PhD and Postdocs	M30.1 « J'ai recruté trois ou quatre post-docs avec des connaissances au Synchrotron. Quand je suis allé faire des expériences là-bas, j'ai fait leur connaissance et c'est comme ça que je les ai recrutés [...] Je rencontre un doctorant, je vois ce qu'il a fait. Je ne le connaissais pas avant, je discute un peu et une fois qu'il soutient sa thèse, je lui propose de faire un post-doc. Ou bien aussi dans les meetings, quand je vais là-bas, je vois des posters, je discute avec les doctorants et là pareil je peux cibler aussi des gens. » M30.2 « J'ai utilisé [SOLEIL] avec une de mes doctorantes [...] elle a fait un post-doc en Belgique et c'est vrai qu'elle est revenue plusieurs fois sur Soleil et elle a même candidaté sur un poste d'Ingénieur sur Soleil [...]. Et mon précédent doctorant qui a fait beaucoup de synchrotron, c'était la période Covid et on a déposé des projets tous azimuts sur plein de Synchrotrons et il se trouve qu'on a eu chaque fois nos temps de faisceau. Lui est parti dans le privé. » M30.3 « [Question : Est-ce que vous savez si certains d'entre eux ont continué à utiliser les grands instruments ou plus particulièrement le Synchrotron après leurs travaux ?] Oui, tout à fait. La première thèse [...] c'était complémentaire [de deux techniques]. Après elle a fait d'autres choses et elle a été embauchée au Cnrs comme spécialiste de [technique synchrotron particulière]. Elle fait [cette technique] à Soleil et ailleurs et elle commence à faire [une autre technique] avec moi » M30.4 « [Question : À votre connaissance, vos doctorants ou vos post-docs que vous avez emmenés au Synchrotron, est-ce que vous savez s'il y en a beaucoup qui sont retournés après ?] Oui, je pense, soit ils y travaillent, soit ils sont retournés. Ou soit surtout ils sont partis dans l'industrie pour ne jamais revenir sur Synchrotron. M30.5 « [Question : Et donc vous, vous initiez les doctorants à l'utilisation du Synchrotron ?] Oui, oui. Thésards et post-docs apprennent l'utilisation. Vous savez si dans la suite de leurs travaux, ils continuent à utiliser le Synchrotron ou pas ? Tous les gens qui vont dans la recherche, Maîtres de Conférences ou bien Cnrs, oui. Et les gens qui vont dans l'industrie, on s'appelle de temps en temps mais ça diminue avec le temps. »

6.4 Characteristics of the Biomed user group

<i>Indicators</i>	<i>Modalities</i>	<i>Verbatim excerpts</i> ¹¹
GROUP DEVELOPMENT: SIZE		Ou bien dimension 1: group size ou bien Development: Size
Size of the Biomed user group	Approx. 100 users in France (10 research teams of approx. 10 pro-active users)	B1.1 [About the number of researchers in their community who use synchrotron] « Ce n'est pas beaucoup. C'est une niche. Nous, on vous parle de nos collègues qui traitent du diagnostic et de l'imagerie. (...) C'est plutôt de l'ordre de la centaine. » B1.2 [About the number of users in her/his lab research team] « Une dizaine. C'est une très petite communauté. Ceux qui viennent sur le Synchrotron. »
Dynamics	Stable Rather stable at the level of the set of users... ...with a few exceptions taking the form of emerging groups	[About the number of synchrotron users in their scientific community] B2.1 « Je n'ai pas l'impression qu'il y ait plus de monde. Ça n'a pas grandi, en tout cas pas de manière spectaculaire. » B2.2 « C'est stable. » B2.3 « Ah oui, oui. Il y a des communautés qui s'ouvrent. Par exemple il y a beaucoup de thématiques maintenant sur la peau. »
Sustainability	No <u>Critical mass is not reached</u> , the future of some user teams depending on a single researcher <u>New entries are low</u> , physicians scarcely engaged in PhD <u>Retention is low</u> , because of recruitment issues, few carrier opportunities and lack of funding	B3.1 [About the evolution of synchrotron use in her/his lab] « ça [la dynamique d'utilisation du synchrotron dans son laboratoire] va dépendre si moi je me remets là-dedans ou pas ; si j'arrête complètement, je ne sais pas s'ils feront l'effort de se relancer » B3.2 « Ce qui freine vraiment [...] c'est le nombre de jeunes qui veulent bien faire une thèse de sciences. [...] tant qu'il y aura un différentiel entre l'argent qu'ils touchent en faisant une thèse et l'argent qu'ils touchent en s'installant en ville [en tant que praticiens], là on sera freinés » B3.3 « j'ai un post-doc qui est resté cinq ans [dans son équipe] mais je n'ai plus de financement donc il faut qu'il trouve ailleurs » [and further on] « J'essaye de m'acharner pour garder les personnes et les savoir-faire de ces personnes sur le projet parce que le système fait que je ne peux pas leur proposer un poste permanent. »

¹¹ Each excerpt has an identifier. The letter indicates the case study, the first number corresponds to an indicator, and the last number is for the verbatim. Two excerpts illustrating the same point come from different interviewees. Not all relevant excerpts are provided in the table, only the most illustrative have been selected.

Share of SOLEIL users in the home scientific communities	Marginal Synchrotron use is confidential within home research communities	B4.1 « Pour l'instant ça reste une [seule] équipe et éventuellement ses satellites directs, que vraiment une communauté médicale où il y aurait plusieurs équipes, en tout cas en France. De toute façon on reste sur des petites échelles »
GROUP DEVELOPMENT: DIVERSITY		Ou bien dimension 2: group diversity
Diversity of the user teams	High <u>Inter-teams</u> diversity is high at all levels <u>Intra-team</u> diversity is high regarding members' disciplines, competences and status	B5.1 [A SOLEIL scientist] « C'est une composition de communauté [biomédicale] qui est extrêmement hétérogène. [...] « Communauté hétérogène, nationale et je dirais même locale » B5.2 [About the people from the lab involved in the project] « Il y a le Service Mécanique Electronique du Laboratoire donc 3 personnes [...] il y a le Service Informatique sur la banque de données, tout ça et donc dans ce service il y a 2 permanents, 2 ou 3 stagiaires selon les périodes ; sur le Service Biologique il y a une biologiste qui travaille aussi sur le projet ; après il y a les anapaths, les médecins et les internes. »
Diversity of user teams compared to that of the users' home communities	Higher User teams assemble varied, <u>separate professions</u> (doctor, researcher) They combine <u>competences</u> that are not only different but also of the highest level	Deduced from the verbatims and indicators above B6.1 « [Il y a eu une extension de l'usage du synchrotron] sur des questions qui sont les bonnes, qui est le truc un peu compliqué, un peu exceptionnel, qui nécessite le recours à un centre de [très haut] niveau et d'ultra experts, et que du coup l'ultra expert se permet d'utiliser des machines qui sortent un peu de l'ordinaire. »
KNOWLEDGE: IDENTITY		Ou bien knowledge: group identity & values
Visibility of the user teams	No (rather low) Good publications, media attention but no dedicated journal or conference	B7.1 « Le premier papier [...] C'était bien reçu. Il y a eu pas mal de communiqués de presse parce que pour des patients ça avait quand même changé la donne. » B7.2 « Non, il n'y a pas de conférence qui est dédiée Médecine Synchrotron. »
Specific values and norms shared by the user teams	Yes Risk-taking, technophile, incentive for human care and scientific research, will to bring better diagnosis innovations from synchrotron to hospital	B8.1 « Je suis parti de pas grand-chose. [...] Je m'étais quand même renseigné pour ne pas partir à l'aveugle complètement. » B8.2 « ça m'a amené à avoir de la curiosité de ce qu'on pouvait faire sur un Synchrotron quand Soleil s'est ouvert. » B8.3 « En fait ma spécialité c'était l'utilisation surtout de la lumière ultraviolet et visible. » B8.4 [A physicist] « Il me fallait à tout prix un message pour les cliniciens. » B8.5 « Quand on est médecin et qu'on travaille avec des scientifiques non-médecins, il y a un enthousiasme assez fou et très agréable [...] les gens sont toujours contents de se rapprocher de la translation, vers le médical » B8.6 « Chacun apportait sa contribution. Ce projet n'aurait pas pu fonctionner sans les protagonistes. Moi, c'est ça que j'aime. Et quand on travaille à l'interface, il faut aimer faire les choses collectivement. »

Specific tools shared by the user teams	Yes No physical tools but a boundary object : common language for communicating with physicists.	<i>B9.1 « Au début, je vous avoue que je n'y comprenais rien parce que c'était un domaine qui n'est pas tout à fait le mien et au fur et à mesure, en persévérant un peu, on finit par arriver à parler un langage commun. Et ça c'est quand même important, c'est de prendre le temps quand on est sur une interface comme ça entre communautés différentes, qui ont des savoir-faire différents et des langages différents - la médecine et la physique ce n'est pas les mêmes disciplines, ce n'est pas le même langage- et bien il faut arriver à parler un langage commun. »</i>
Difference in visibility, values and tools between user teams and their home communities	Yes Users are distant from hospital clinicians values: risk taker, technophile, able to create interfacing language.	<i>B10.1 « "les travaux que nous faisons c'est l'interface entre la physique et la médecine. Et quand vous avez des profils de biologistes ou de médecins [ils] ne sont pas forcément très intéressés, voire même ça leur fait peur la physique. Et quand vous avez des physiciens, ça ne les intéresse pas trop la médecine et la biologie. »</i>
KNOWLEDGE: SCIENCE & TECHNOLOGY		Ou bien Knowledge: Science & Technology
Agreement on the research object across user teams	Yes Users' agreement on: <u>Research question</u> : diagnosis improvement <u>Type of R&D</u> : Translational, clinical research, and development	<i>B11.1 « Notre thématique principale, c'est ça, c'est le diagnostic et on utilise le Synchrotron » B11.2 « Pour nous, clairement le Synchrotron a été utilisé comme méthode de référence. Là c'est vraiment à des fins cliniques. C'est vraiment faire la preuve de concept comme quoi on améliore la capacité diagnostic d'une méthode et on la compare à ce qui se fait en Synchrotron. » [and further on] « Ça permet de mettre au point des techniques qui seront ensuite transférées à la clinique. » B11.3 « C'est vraiment cette démarche translationnelle qui a été le socle de la création de l'équipe. C'est donc une équipe qui a été créée sur cette base-là, pas uniquement mais quand même essentiellement » B11.4 « Toujours. Le point de départ c'est toujours l'hôpital. [Les chercheurs cliniciens] viennent [au synchrotron avec des échantillons humains] avec des problèmes de caractérisation. » B11.5 « On essaye de revenir vers l'hôpital soit en développant des instruments qui n'existent pas et donc on les développe pour les amener à la paillasse ou au lit du malade, ou alors c'est des instruments qui existent déjà dans le commerce, sur lesquels on va reproduire nos résultats obtenus sur le Synchrotron. » B11.6 « Le développement était dans la mise en forme de l'échantillon parce qu'il faut un support spécial pour pouvoir faire de l'infrarouge en double réflexion. » B11.7 « Là on est sur la fin du développement instrumental et on a développé un petit bébé qu'on a mis au bloc. »</i>

	<u>Relevant outputs</u>: not only publications but also concrete diagnostics for patients and adaptations of commercially available instruments	B11.8 « Là où je ne m'étais pas trompé c'est qu'on a publié dans les journaux de médecine. On a réussi à faire notamment un [journal title], c'est le graal pour les médecins » B11.9 « Mais quand on est un biologiste qui décide de faire du diagnostic, si jamais on a simplement fait la publication et que ce travail-là n'est pas arrivé à une réalisation concrète dans la pratique médicale, on est resté au milieu du gué. » B11.10 « On avait déjà mis au point la technologie. Quand [le patient] a été biopsé, tout était prêt. [...]. On savait que c'était possible, les appareils n'existaient pas à l'hôpital, mais on avait créé du lien au niveau compétences. [...]. En fait [le patient] est venu au bon moment. Il y a eu un cas clinique [impossible à] résoudre à l'hôpital et là le Synchrotron a fait la différence » B11.11 « si on réussit à démontrer [à SOLEIL] que c'est vraiment intéressant, après on peut construire des microscopes ne dépendant pas du Synchrotron pour faire ce genre de choses »
Agreement on the method and research process	Yes Users' agreement on: <u>Organization of projects</u>, particularly with regard to the minimum duration before publication and the division of tasks between researchers and hospital doctors. <u>Carrying out experimentation</u> on specific samples ie human tissues, characterised by high variability and ethical constraints <u>Multiple methods</u> and especially multi-line access: infrared, UV and other beamlines	B12.1 [about research projects using SOLEIL] « Ça peut être long. Moi je considère que ça peut être plusieurs années. » B12.2 « Le projet [...] on a commencé en 2010, on a publié en 2016. [...] C'est trois à six ans. » » B12.3 « On a passé énormément de temps dans les démarches et là depuis 2012-2014 vraiment on travaille. » B12.4 [about division of labour with clinicians] « Il faut bien se rendre compte que c'est quand même eux qui connaissent le mieux l'échantillon. Moi je peux faire des belles images mais dans des zones pour lesquelles il n'y a pas d'intérêt » B12.5 « Un projet de recherche hospitalière, comme son nom l'indique ça ne peut être porté que par un clinicien. Un biologiste ou biophysicien, porter un projet de recherche clinique, on n'est pas crédible et on n'a pas accès aux échantillons humains et certainement pas aux données qui sont sensibles. Donc on ne peut pas porter ce type de projet. D'où l'intérêt d'être dans cet environnement mais il faut que des médecins aient envie de s'impliquer. » B12.6 « Vous savez que quand il s'agit de travailler aussi avec des tissus humains, il faut aussi respecter la réglementation donc il y a plein de démarches à faire. » B12.7 « il y a le problème [que] à partir du moment où on travaille sur de l'humain et de la pathologie humaine, on a énormément de variabilité et donc il faut passer beaucoup d'échantillons contrairement à un système de biologie un peu fondamental où on maîtrise les différents paramètres du système et on peut les faire varier un par un » B12.8 « Oui, c'est arrivé, surtout entre Smis et Disco. Il y a eu des projets multi-lignes. » B12.9 [Excerpt from a SOLEIL scientist] « C'est probablement une communauté qui a le plus de multilignes avec les communautés du patrimoine. » B12.10 « On a toujours affiché l'idée que le bénéfice du Synchrotron c'était le multimodal. » »

Role of SOLEIL in the research process of the user teams	Rather High At least for the users interviewed, most of whom are experienced and therefore characterized by <u>regular use</u> (ie 5 times or more over the period) But synchrotron access seems <u>not critical</u> for research / publication in the field (synchrotron is used as a complement)	<i>B13.1. [about experiment frequency] « Pas trop en ce moment mais pendant une période on en faisait une à deux par an. »</i> <i>B13.2 « Donc c'est une fois par an qu'on dépose [un proposal à SOLEIL], ça c'est sûr. »</i> <i>B13.3 « [Nous faisons des expériences] pas uniquement sur le Synchrotron mais disons que le Synchrotron est une pièce maîtresse dans le dispositif. »</i> <i>B13.4 « Si je résumais ce serait complémentaire. Ce n'est pas plus rapide. On peut être plus précis mais on apporte aussi d'autres informations. »</i> <i>B13.5 « Quand je prévois des manips, je me pose toujours la question de est-ce que le Synchrotron permettrait d'aller un peu plus loin. »</i> <i>B13.6 « Euh... [le synchrotron] c'est du moins une plus-value. »</i>
Role of SOLEIL in the creativity of the user teams	High Regarding <u>exploration</u>, the term was often spontaneously mentioned <u>Serendipity</u> or at least unplanned results sometimes appear It is also a source of <u>novelty</u>, as synchrotron is a new instrumentation in the research fields	<i>B14.1 « Oui, c'est exploratoire. Tout ce qui est exploratoire peut se faire sur Synchrotron »</i> <i>B14.2 « Le Synchrotron finalement c'est le moyen d'aller explorer avec le maximum de résolutions spatiales grâce à la brillance du faisceau, l'occasion de faire des études exploratoires.»</i> <i>B14.3 « C'était prévu qu'on utilise du tissu épileptique. Mais ce qui n'était pas prévu, c'est qu'on arrive à discriminer entre les tissus épileptiques aussi, à aller très précisément dans les tissus épileptiques »</i> <i>B14.4 « Soleil a été un précurseur en termes d'ouverture au diagnostic, et c'est important. »</i> <i>[and further on] « Anatomix c'est une ligne qui est assez récente, qui doit avoir deux ans, qui est encore en train de déployer ses ailes. Il faut du temps pour qu'une ligne fonctionne vraiment complètement. C'est la ligne idéale pour cette communauté. Je pense que là il va y avoir un énorme boom. On commence à avoir des demandes dans tous les sens. Pourquoi ? Parce que Anatomix ça permet de faire de la tomographie de rayons x [...] avec des résolutions bien meilleures que ce qui se fait à l'hôpital. »</i>
Difference in research object and method between user teams and their home communities	Yes Synchrotron is far away from patient's bed, leading to instrument development; it favors novelty - but doesn't support a new paradigm	Deduced from the verbatims and indicators above.

NETWORK STRUCTURE		
Ties between user teams	Weak ties They know each other without necessarily working together	B15.1 « Oui, on se connaît [entre équipes d'utilisateurs]. On sait qui travaille dans tel domaine. » B15.2 « Je pense qu'il y a plusieurs communautés qui sont autonomes. [...] On est un peu dans les limites de ce qui est facile et faisable en interdisciplinarité sur des choses aussi lointaines. » B15.3 [A SOLEIL scientist] « Comment vous voulez structurer cette communauté [biomed] ? [...] ça restera toujours de l'individuel. On arrive à travers l'outil Diagotron à les réunir ensemble, même à faire qu'ils se parlent, à échanger, qu'ils se rencontrent et à définir des besoins communs... » B15.4 « Lors du dernier échange qu'on a eu au Synchrotron et aussi parce qu'on a fait quelques mesures à l'Esrif, du coup on a pu rencontrer les gens de province, c'est là où on travaille sur un organe différent mais quand on vient à parler du projet [...] ça donne des idées de possibilité d'application. [...] On s'aide mutuellement mais sur nos organes. »
Composition of user teams	Not transverse to several labs Interviews always mentioned single and separate teams	B16.1 [about a user team specialised in a given organ] « ça reste [plus] une équipe, et éventuellement ses satellites directs, que vraiment une communauté médicale où il y aurait plusieurs équipes, en tout cas en France. »
Agreement on key members	Yes Users' agreement on a user with a central role, who is a network broker, a kind of precursor as well as a boundary spanner.	B17.1 « [user name] est plutôt un utilisateur externe, même s'il a joué un rôle important dans la structuration de la communauté. » B17.2 « C'est [same user name] qui nous a introduit dans ce monde et je ne suis pas sûr qu'il y ait des manips qui se fassent sans lui. » [and further on, about the same user] « C'est un synchrotroniste qui s'est tourné vers des mecs qui ont voulu faire de l'application médicale. [...] Ce qui a fait malgré tout le principal déterminant que je me retrouve là, c'est que [...] il y avait [same user name] dans le projet. Du coup c'est lui qui ouvrait les portes. » B17.3 « [same user name] [...] connaissait bien le Synchrotron sans savoir exactement tous les détails, il connaissait bien les communautés médicales et il a servi de lien à un moment... C'est des gens qui font leur carrière sur cette interface. [Les gens comme lui font] le lien [entre deux communautés, ce] qui est très important sinon ça n'existerait pas. » B17.4 « [same user] [...] a développé des contacts avec des médecins et qui a appris à parler le langage des médecins et leurs problématiques. [...] Il connaît le Synchrotron, il connaît les problématiques médicales et c'est lui qui a fait une espèce de point de contact avec certains hôpitaux.»
Difference in structure between user teams and their home communities	Yes More informal collaborative ties in user teams than in the medical sphere	B18.1 [about medical sphere] [...]« C'est très hiérarchique. [...] Le monde scientifique ce n'est pas celui-là. C'est un monde où on est beaucoup plus d'égal à égal. [...] Et c'est toute la différence qu'il y a entre les relations avec la médecine. » [And further on] « ces travaux-là [based on synchrotron] sont des travaux très souvent collaboratifs,... »

6.5 Characteristics of the QM user group

<i>Indicators</i>	<i>Modalities</i>	<i>Verbatim excerpts</i>
GROUP DEVELOPMENT: SIZE		
Size of the quantum material user group	Approximately 350 200 users from French laboratories 150 international users Largest group of users at SOLEIL	<i>Source: SOLEIL scientist</i> <i>M1.1 [Excerpt from SOLEIL scientist] « Le thème le plus gros [à SOLEIL], là où il y a le plus de monde, c'est matériaux avancés avec matériaux quantiques et matériaux pour l'ingénierie. Matériaux pour l'ingénierie c'est presque moitié/moitié avec un petit peu plus pour matériaux pour l'ingénierie. »</i>
Dynamics	Increasing Growing number of users as new techniques and research avenues emerge, made possible by the synchrotron light source.	<i>M2.1 [Question about the expanding use of synchrotron in home scientific community] : « Oui, c'est vraiment en plein essor. [...]. En 2010 il y a eu le Prix Nobel de Physique pour le graphène et depuis ce Nobel-là, on peut dire que ça s'est démocratisé. [...] Depuis ce jour-là quasiment, presque toutes les équipes françaises que je connais, travaillent sur ce système-là d'une façon soit physique, soit chimique, soit biologique. Donc en France, si je fais le tour du Nord vers le Sud, à mon avis dans chaque région, je peux vous citer une équipe ou deux qui travaillent sur le sujet, peut-être pas de la même façon que nous mais qui travaillent sur le sujet. [...] Au niveau international, honnêtement c'est en plein essor si on regarde les communautés chinoise, américaine, japonaise. À titre d'exemple, dans notre communauté, il y a 20 000 articles [son collègue qui écoute la conversation dit « oh plus »], on n'arrive pas à lire tous les articles, pour vous dire. Il y a trop d'articles qui sortent. Parfois je réfléchis sur un sujet, le lendemain je trouve l'article qui est en ligne, d'autres collègues l'ont fait. »</i> <i>M2.2 [Excerpt from SOLEIL scientist concerning a question about the positive effect of star scientists on others' incentives to go to SOLEIL] : « C'est sûr que oui. [...] Mais je pense que ce qui fait venir les utilisateurs, c'est plutôt les résultats obtenus. S'ils sont de rang mondial, ce qui était le cas pour le graphène par exemple, on a fait des premières. À Soleil on a fait plein de premières dans le domaine des matériaux quantiques [...] Du coup effectivement ça attire des gens. »</i>

Dynamics (continued)	Increasing	M2.3 « On le sent dans la communauté des matériaux quantiques, les nouvelles embauches, il faut qu'il y ait un plus dans les techniques et ce qui apparaît c'est que les nouvelles techniques émergent des grands instruments, actuellement, pour deux raisons : il y a la miniaturisation grâce à ces Synchrotrons qui sont plus puissants et les techniques qui évoluent. On peut mesurer des tous petits échantillons et pour regarder la complexité, on a besoin d'échantillons très purs pour pas que ce soit pollué par d'autres phénomènes [...]. D'où l'importance d'avoir des sondes qui permettent de regarder des toutes petites choses et donc très intense comme les synchrotrons ; et puis l'autre part aussi, c'est que les nouvelles techniques de spectroscopie [...] c'est des techniques très complexes et l'environnement [...] technique des grands instruments étant remarquable, ça favorise l'émergence de ces nouvelles techniques. M2.4 « Avec le rayonnement synchrotron, on a eu l'émergence d'une nouvelle source [de lumière]. Et ça a commencé à ouvrir la brèche. Et puis maintenant on a aussi d'autres sources d'origine quantique qui existent et que les gens aussi essayent de développer au niveau des applications. Autant moi c'était une niche et c'était l'émergence de ce domaine, maintenant les études sur le térahertz il y en a pléthore. [...] Il y a une communauté très forte qui est en train de se former autour du térahertz pour fabriquer des dispositifs. Et pour caractériser ces dispositifs ou pour arriver à les fabriquer, ils ont eu en amont besoin du rayonnement synchrotron. » M2.5 « Oui, [la communauté des matériaux quantiques] croît, après j'imagine que le poids se redistribue. Certaines thématiques perdent un peu en communauté et certaines en gagnent. [...] Je pense qu'elle a quand même augmenté, possiblement dû aux projets français et européens. » M2.6 « Les matériaux 2D, ça explose depuis la découverte du graphène et sa synthèse, il y a vingt ans maintenant. »
Sustainability	Yes <u>Critical mass reached.</u> MQ user community coming from condensed matter physics	M3.1 [A SOLEIL scientist] « Ces communautés-là s'appellent communautés matériaux quantiques mais il y en a beaucoup qui sont anciennes. En France, c'est des communautés de la matière condensée, de la physique du solide. L'équipe de [researcher name] n'est pas nouvelle, elle est ancienne. [...] il y en a certaines qui utilisaient déjà le Lure avant Soleil. » M3.2 « Je suis allée au Lure au tout début de ma thèse et c'était la toute fin du Lure [...]. Après c'était fermé et il y a eu pas mal de collègues à l'époque qui ont milité, qui ont lutté pour qu'on ait vraiment un Synchrotron français. [...] A l'époque [de ma thèse] on ne parlait pas encore de matériaux quantiques, en tout cas je ne disais pas que je faisais des matériaux quantiques. [...] Du coup je me suis réorientée sur mes matériaux à moi, on va dire. »

Sustainability (continued) New entries: Yes Mostly juniors, but also seniors <u>Retention:</u> Researchers who stay in academia after their thesis return to the synchrotron.		M3.3 « Mes premières expériences sur Lure, c'est en 90, deux ans après mon recrutement. [...] Je travaille depuis 20 ans sur ce qui s'appelle les nano-objets et ça ne s'appelait absolument pas les matériaux quantiques. Cela fait partie des matériaux quantiques depuis que c'est à la mode. » M3.4 « C'est [les matériaux quantiques] une certaine évolution. [...] Pour moi c'est plutôt la continuité ou une nouvelle branche de la physique de la matière condensée. » M3.5 « Généralement, [les utilisateurs de SOLEIL en matériaux quantiques] sont englobés dans matière condensée, assez large. A l'intérieur, il y a matériaux quantiques. Après dans la matière condensée, tout est lié à la physique quantique ou a besoin de la physique quantique pour être compris. [...] Moi, en tant que chercheur, [j'appartiens plutôt à] matière condensée. Mais ce que je fais à SOLEIL, c'est plutôt matériaux quantiques. » M3.6 « C'est vrai qu'il y a un nombre non négligeable – c'est vrai que c'est une dizaine d'étudiants [à elle] – sur les cinq dernières années, si on prend le Covid, qui ont fait une thèse et qui utilisent le rayonnement synchrotron. » M3.7 « [Mes] thésards et post-docs apprennent l'utilisation [du synchrotron]. » M3.8 « Tous mes doctorants [ont visité SOLEIL] mais je n'en ai pas eu beaucoup et ça a entraîné aussi l'équipe du [nom d'un laboratoire] de [nom d'un chercheur de ce laboratoire]. Grâce à ce que j'avais fait, ils font un peu la même chose. » M3.9 « Moi, je trouve que dans la communauté synchrotron, attirer des nouveaux utilisateurs, des gens qui n'ont pas été introduit par quelqu'un au rayonnement synchrotron, ça peut être intimidant. Je fais partie de l'Association Française des Utilisateurs du Rayonnement Synchrotron [...] Je pense que c'est mis en place mais ça ne prend pas, c'est une sorte de parrainage pour des collègues dans des pays où il n'y a pas de Synchrotron, pas forcément cette culture. » M3.10 [About PhDs returning to large instrument, especially synchrotrons, after PhD] « Oui, tout à fait. La première thèse, c'est [XX] qui a fait sa thèse avec moi, c'était complémentaire neutron/téraherz. Après elle a fait d'autres choses et elle a été embauchée [...] comme spécialiste de [technique particulière]. Elle fait [cette technique] à Soleil et ailleurs. » M3.11 [About the idea that most of PhD students or Postdocs returned to synchotron thereafter] « Oui, je pense, soit ils y travaillent, soit ils sont retournés. Ou soit surtout ils sont partis dans l'industrie pour ne jamais revenir sur Synchrotron. » M3.12 [Same question about PhD retraining to Synchrotron]: « Tous les gens qui vont dans la recherche, Maîtres de Conférences ou bien Cnrs, oui. Et les gens qui vont dans l'industrie [...] ça diminue avec le temps. C'est un peu normal. »
--	--	--

Share of SOLEIL users in their home scientific communities	Significant: Between 33% and 50% of the researchers in their home scientific communities	<i>M4.1 « [About the spread of use of synchrotron in the home community] « On peut dire [que] la moitié [l'utilise] mais après il faut se rendre compte qu'aller là-bas ce n'est pas une simple mission. Il faut aller une semaine et presque travailler 24 sur 24 heures et nous dans notre domaine, il faut parfois aussi avoir un support théorique et parfois toutes les équipes n'ont pas cette expertise, n'ont pas ce temps-là. Honnêtement dans notre domaine, on peut dire la moitié qui utilise le Synchrotron. Il y a d'autres gens qui veulent mais à mon avis ils ne peuvent pas car, comme je vous ai dit, c'est une expertise à part et il faut l'acquérir. C'est une mentalité à part. C'est un autre monde. »</i> <i>M4.2 « Une étude faite auprès de notre communauté section 3, 50 % de nos chercheurs utilisent les grands instruments, pas forcément synchrotron. »</i> <i>M4.3 [Question : Généralement pour ceux qui travaillent sur [sa thématique], pour eux aussi c'est indispensable d'aller en Synchrotron ou pas forcément ?] « Pas forcément mais beaucoup y vont. »</i> <i>M4.5 « Nous [dans notre laboratoire] on est nombreux, enfin... nombreux... on est peut-être utilisateurs réguliers, 15 %, quelque chose comme ça. »</i> <i>M4.6 [About the part of synchrotron users in MQ community] « C'est dur à dire. Après dans cette communauté, il faut voir si on inclut les gens qui en ont fait une fois ou deux des expériences mais oui, on va peut-être s'approcher de la moitié, entre le tiers et la moitié, je pense. Mais c'est largement biaisé. »</i> <i>M4.7 [Same question about the part of synchrotron users in MQ community] « J'aurais du mal à vous répondre précisément. C'est difficile [...] Je ne sais pas, peut-être dans les 50%. [...] Après il y a une plus petite communauté dans les 50%, auxquels je pense appartenir, c'est les gens qui sont vraiment experts de la technique [synchrotron] et qui maîtrisent vraiment les choses. Oui je pense qu'il y a pas mal de monde qui est amené à aller au synchrotron. »</i>
--	---	---

GROUP DEVELOPMENT: DIVERSITY		
Diversity of the user teams	<u>Inter-team diversity</u> Low Similar architecture in the many labs involved (including 6 large French labs with specialties): several user teams, each with at least 3 members: 1 permanent + PhD students or postdocs.	M5.1 « Presque toutes les équipes françaises que je connais, travaillent sur ce système-là [le graphène] d'une façon soit physique, soit chimique, soit biologique. Donc en France, si je fais le tour du Nord vers le Sud, à mon avis dans chaque région, je peux vous citer une équipe ou deux qui travaillent sur le sujet, peut-être pas de la même façon que nous mais qui travaillent sur le sujet. À Strasbourg, on peut citer les collègues d'IPCMS par exemple, ils travaillent beaucoup ; à Nancy, c'est l'Institut Jean Lamour ; à Mulhouse, pareil ; à Nice pareil ; à Marseille, pareil. En France il y a beaucoup de monde. » M5.2 « Quand on va à Soleil, on est toujours au moins deux/trois. Il y a toujours un doctorant. J'y tenais beaucoup et je pense que c'est très formateur et en plus ils sont tellement bien les doctorants. [...] Je trouve que c'est très important qu'il y ait des doctorants, des post-docs mais il faut aussi des permanents. Il y a au moins un permanent et un doctorant. [...] En général, à chaque fois on est une équipe de trois, des doctorants et des post-doctorants. »
	<u>Intra-team diversity</u> Low Regarding disciplines: mostly physicists, sometimes chemists; and regarding status: permanent researchers, PhD students and post-docs	M5.3 « Vu de loin, j'imagine que ce n'est pas hyper pluridisciplinaires parce qu'on fait dans notre équipe de la physique, de la matière condensée. Vous voulez dire l'équipe dans le sens les collaborateurs ? Oui, dans les collaborations. Ce qui se fait pas mal dans notre domaine, justement les matériaux quantiques, c'est de plus en plus de collaborer d'une part avec des théoriciens parce que ça permet d'aller cibler [les matériaux d'intérêt]. [...] On peut collaborer beaucoup avec des chimistes qui, par exemple, ont aussi ces capacités de faire la croissance des échantillons. [...] Ça reste quand même très sciences des matériaux. » M5.4 [Question about team multidisciplinary] « Moi non parce que je sais qu'on aime bien être les chefs et nos échantillons sont faits par loi physique et on va regarder les propriétés physiques. Ce n'est pas vrai parce que dans le passé, il m'est arrivé d'avoir des chimistes qui voulaient faire de la réactivité chimique sur nos particules qui étaient des systèmes modèle c'est-à-dire qu'on sait ce qu'il y a dedans. Oui, j'ai fait aussi des expériences plusieurs fois avec des chimistes [au] Synchrotron. [...] Et si [notre recherche] a des applications biologiques, on peut travailler aussi avec les biologistes. Mais je ne suis jamais allée sur Synchrotron pour des applications biologiques. » M5.5 « [Question about the disciplines of team members] “Ça dépend. Parfois il y a des chimistes. En gros ça dépend de ce qu'on veut faire. Par exemple le graphène si on le met avec des matériaux chimiques, là il y a des chimistes qui interviennent. »
Diversity of user teams compared to that of the home scientific community	N.A.	

KNOWLEDGE : IDENTITY & VALUES		
Visibility of the user teams	Yes Association, journals and conferences dedicated to synchrotron use. High visibility of SOLEIL users in prestigious journals of their field.	M6.1 « Je fais partie de l'Association Française des Utilisateurs du Rayonnement Synchrotron, l'Afurs. L'association existe parce que c'est un méta groupe qui s'appelle ESUO [European Synchrotron and Free Electron Laser User Organisation] au niveau européen et c'est pour avoir une représentation dans cette organisation européenne. » M6.2 « [Question : Est-ce qu'il y a des journaux dédiés au Synchrotron dans votre discipline ?] Il y en a quelques-unes mais sérieuses non. On publie dans des journaux, par exemple ACS une des revues américaines les plus connues dans notre domaine, une revue pluridisciplinaire. On cherche un peu l'impact facteur, le nombre de citations [...] Il y a quelques journaux sur le Synchrotron mais c'est plus technique, avec moins d'impact. Nous, quand on y va [à SOLEIL], on publie quelque chose pour toute la communauté. Ça permet surtout d'avoir des citations meilleures et une visibilité meilleure. [...] [Question : Est-ce qu'il y a des conférences qui sont dédiées à [son domaine de recherche] et surtout en Synchrotron ?] Il y a ECOSS [European Conference on Surface Science], c'est une grosse conférence qui est organisée depuis plus de trente ans et qui a lieu tous les ans. C'est la plus connue pour les Synchrotrons. Sinon dans notre domaine [...] il y a pas mal de conférences et des sessions soit liées au synchrotron, soit à une partie de synchrotron. » M6.3 « [Question ; Quand vous allez en conférence, est-ce qu'il y a des sessions synchrotron ?] Non, c'est plus sur les matériaux sauf conférences spécifiques tournées sur l'instrumentation mais je n'ai jamais assisté à ce genre de... Je crois savoir qu'il y a des conférences sur le rayonnement synchrotron mais moi je vais assister à des conférences sur surfaces, matériaux 2D où c'est pas mal à la mode, c'est typiquement matériaux quantiques dans une boîte plus large et là c'est vraiment sur les matériaux eux-mêmes, les sous-sessions. C'est rarement la technique.] M6.4 « Il y a des conférences organisées par les Synchrotrons. Toutes les communautés où il y a marqué X quelque chose, rayons X, forcément c'est eux... Je ne me rappelle plus le nom de cette conférence mais il y a une conférence régulière où les responsables de lignes vont pour voir les progrès des autres Synchrotrons. Mais est-ce qu'il y a une session synchrotron ? Non parce que c'est vraiment mêlé... [...] En fait on va chercher plus une propriété »

Difference in visibility, values and tools between user teams and their home communities	Yes 2 distinct and visible groups in the home communities: - those who can't do without the synchrotron. - those who will never go, or who have been once and won't go again. Difference in norms: More collaborative approach to research for SOLEIL user teams	M8.1 « C'est un outil magnifique et une communauté très soudée en fait, parce que soit les gens détestent le Synchrotron, ils viennent une fois et ils ne reviennent plus ; soit ils ne peuvent plus s'en passer. » M8.2 « Au début c'est une mentalité, il y a des gens qui ont l'habitude de faire du synchrotron donc en gros tous les thésards qui viennent chez eux ou les post-docs, ils prennent un peu l'habitude d'y aller. Ça nourrit d'autres personnes d'y aller. Et les gens qui n'y vont pas, soit ils trouvent un collaborateur avec qui y aller; soit ils n'y vont jamais. Ça fait une spirale. C'est comme un arbre généalogique. Vous faites du synchrotron, vous avez un design qui est bien, si ça vous plaît elle va revenir tout le temps. »
KNOWLEDGE: SCIENCE & TECHNOLOGY		
Agreement on the research object across user teams	Yes <u>Similar research focus</u>: structure and/or properties of given materials <u>Fundamental research</u>: fundamental physics with upstream research questions, but some user teams are dealing with applied challenges.	M9.1 « On va au Synchrotron, ça nous permet de comprendre ces matériaux là et après on fait les propriétés électroniques dans notre laboratoire. » M9.2 « C'est là qu'on utilise les rayons X de Soleil pour étudier leur structure ou leur propriété magnétiques ou leur propriété physicochimique. Le Synchrotron pour nous, c'est comme si vous alliez faire une radio, vous avez votre corps et nous on regarde ce qu'il y a dedans. Nous on fabrique le corps et on regarde ce qu'il y a dedans par le synchrotron. » M9.3 « Moi, je suis vraiment sur la partie propriétés électroniques, structure électronique, quels sont les niveaux d'énergie des électrons dans ces matériaux-là. » M9.4 « C'est vrai que dans les thématiques et les problématiques auxquelles je me suis intéressée ces dernières années, c'était plus l'aspect magnétique qui était important plus que structure. » M10.1 « Ce qu'on fait est fondamental. [...] Moi, ça vient toujours d'une idée, d'une question physique. [...] Donc ça part toujours d'une idée assez fondamentale en général, de questions que l'on se pose et que du coup je me dis qu'on va pouvoir sonder ça grâce au [type de rayonnement à SOLEIL]. » M10.2 « Bonne question [sur la nature de sa recherche]. 70 % fondamentale, 30 % appliquée. Je viens du fondamental et je suis dans un labo appliqué. Honnêtement je reste plutôt fondamental. »

Agreement on the research object (continued)	Main output: Publications Other output cited by one user: patent	M10.3 « [Question : Votre recherche en synchrotron, ce n'est pas de la recherche fondamentale ?] Si. Je me suis mal exprimée c'est-à-dire que c'est expérimental. Ce n'est pas théorique, c'est expérimental mais c'est fondamental. [...] Nous [son équipe d'utilisateurs], c'est vraiment très fondamental mais il peut y avoir des collègues qui utilisent le rayonnement synchrotron pour des choses plus appliquées, bien sûr. » M10.4 « [Question : En termes d'output de votre recherche en synchrotron, c'est essentiellement des publications ? Il n'y a pas des brevets ? Non [...] Je ne cherche pas particulièrement ça [déposer des brevets]. C'est des publis. » M10.5 « Moi, je suis quelqu'un qui n'a pas déposé de brevet dans sa carrière. Je suis plus physique fondamentale. » M10.6 Excerpt from a SOLEIL scientist : « Depuis 2006 il y a mille publications sur le sujet [des matériaux quantiques] qui sont sorties de Soleil. » M10.7 « [Question : Est-ce que vous faites des dépôts de brevets ?] Oui, ça nous arrive de faire ça. En plus on travaille beaucoup avec des industriels. [...] » [Question : Ce que vous faites avec les industriels, en général c'est déconnecté du Synchrotron ?] Non. Avec [nom d'entreprise] par exemple, [...] ils ont besoin des mesures et nous on leur fait au Synchrotron. [...] Quand eux développent par exemple une nouvelle machine, il nous la donne pour faire des tests en laboratoire sur cette machine, le prototype. Parfois pour faire ce genre de mesures là, on complète avec le Synchrotron pour bien valider ce type de prototype. »
Agreement on the method and research process	Yes <u>Similarities in project organization:</u> long-term research projects Visits to SOLEIL contribute to large research projects on a given topic extending over a long period (up to 10 years). The synchrotron is one technique among others used to explore the structure or the characteristics of the material under study.	M11.1 « [Question : Quand vous travaillez sur un sujet ou un projet, vous avez mentionné qu'il pouvait y avoir une suite de proposals, ça prend combien de temps ?] Ça dépend de la complexité du sujet et s'il y a un étudiant qui doit soutenir sa thèse. Donc c'est très variable. De toute façon, c'est au minimum trois/quatre ans. [Question : Et ça peut aller jusqu'à dix ?] Oui. » M11.2 « Disons que le Synchrotron, ce n'est pas vérifier un truc, ce n'est pas une collaboration, c'est vraiment un projet. [...] Ce n'est pas une petite collaboration, c'est vraiment un sujet que l'on veut creuser. [...] Si j'ai un sujet, j'ai A et B et je l'étudie, je vais l'étudier pendant dix ans et je ne vais pas utiliser que du synchrotron. Je vais utiliser des tonnes de techniques pour savoir quelles sont les propriétés de A et B. [...] Sur A et B, je vais peut-être faire cinq papiers ou plus. »

Agreement on the method and research process (continued)	<u>The supervision of PhD theses</u> is key to progress in these long-term projects. <u>Similar duration of experiments at SOLEIL</u>: 1 week (preparation of experimental conditions, test phases, data acquisition) <u>Consensus on the importance of sample fabrication</u> but no shared method for sample production between user teams Sample production is a critical stage which determines the success of experiment at SOLEIL. This step takes place in their laboratory before going to SOLEIL.	M11.3 [About the length of research projects] « Le sujet était initié dans la thèse de [name] qui a soutenu en 2014. En fait, elle a soutenu sa thèse, on a eu de très beaux résultats grâce au Synchrotron. Après je n'ai pas eu d'étudiants sur le sujet et puis en fait il y a eu ces nouvelles idées de pompe-sonde et le temps qu'on ait le temps de faisceau, qu'on réalise l'expérience qui était compliquée, trois ans, et puis maintenant les résultats du point de vue analyse nous ont pris du temps parce qu'il n'y avait pas d'étudiants dessus et c'était des big data, des nouvelles données. Et c'est un sujet complexe, on a eu des résultats nouveaux donc on est super contents. De réfléchir à l'interprétation ça nous stimule mais comme on n'a pas d'étudiant qui nous impose à aller sur le sujet, ça n'avance pas vite. » M11.4 « C'est un gros truc [le dépôt de projet à SOLEIL] parce que c'est un investissement, derrière il y a une thèse. [...] moi j'ai beaucoup vécu au rythme des thésards, je m'obligeais à essayer de déposer des papiers. Un papier pourrait être tous les cinq ans mais ce n'est pas ce que nous demandent le Cnrs et l'Hcères non plus. Une thèse c'est trois ans. On va compartimenter nos résultats pour pouvoir publier. » M11.5 « Une semaine Synchrotron (pour nous, c'est une semaine parce qu'il faut préparer les échantillons, tout ça), ça peut être plusieurs mois d'analyse et après encore du temps pour publier les résultats. » M11.6 « Typiquement, il nous faut une semaine [à SOLEIL] c'est-à-dire que les deux premiers jours on va tester et puis on a les conditions expérimentales et on fait les acquisitions de données. » M11.7 [About length of visit at SOLEIL] « En général, une semaine, oui. » M11.8 « [Question sur la prise de risque concernant les expériences à SOLEIL] En général quand on va au Synchrotron, on prépare un peu les expériences. Si l'expérience est bien préparée, qu'on a le bon échantillon et qu'elle marche bien, on est certains de sortir avec de bons résultats. Ce qu'on fait c'est qu'on va toujours avec un plan A et un plan B et deux plans Bis de réserve. [...] Si on n'a pas le bon échantillon pour mesurer, vous pouvez avoir les meilleures machines au monde, vous ne pouvez rien faire. » M11.9 « On a toujours eu des études auparavant pour que notre échantillon soit super bien caractérisé. On n'a qu'une semaine, il faut que ce soit parfait. Je pense que tous les sujets que j'ai apportés sur la ligne Ailes, c'était sur des composés que autour de moi on avait déjà étudié par d'autres techniques. Ils étaient bien connus et donc à partir de là j'en avais déduit quelle était la température et la mise en forme de l'échantillon qui était nécessaire. » M11.10 « [Question : Est-ce que vous préparez vos échantillons avant ?] Oui. »
--	---	--

Agreement on the method and research process (continued)	Sample preparation is specific to SOLEIL. <u>Mainly mono-beamline projects.</u> Multi-line projects exist but are not systematic. <u>Multi-method approach:</u> SOLEIL is used with other instruments and techniques for the same research project (e.g., tunneling microscopy, neutrons).	M11.12 « <i>Quand on les a fabriqués [dans leur laboratoire], on les emmène sur le Synchrotron. C'est là qu'on utilise les rayons X de Soleil pour étudier leur structure ou leurs propriétés [...]. Le Synchrotron pour nous, c'est comme si vous alliez faire une radio, vous avez votre corps et nous on regarde ce qu'il y a dedans. Nous on fabrique le corps et on regarde ce qu'il y a dedans par le synchrotron. »</i> M11.13 « <i>[Question : Est-ce qu'il y a des préparations spécifiques au Synchrotron ? Oui. »</i> M11.14 « <i>Nous, on a beaucoup l'impression dans la communauté –je dis la communauté, je ne représente rien du tout- et en tout cas les collègues avec qui j'en discute, il y a quand même cette histoire de on prépare nos échantillons et c'est un peu une cuisine interne (ça ne veut pas dire qu'on fait mal) et donc un peu le secret de fabrication. On se dit jusqu'où on va être obligés de donner nos recettes de cuisine. Et puis on ne voit pas trop ce qu'on pourrait faire de façon systématique. »</i> M11.15 « <i>En tant qu'utilisatrice de Soleil, c'est vrai que personnellement je vais sur une ligne. Je connais un petit peu deux ou trois autres lignes et la ligne que je connais, c'est un peu une ligne de niche du point de vue thématique. »</i> M11.16 « <i>Historiquement j'utilisais Tempo, après avec le temps ça a un peu évolué vers Antares et Cassiopée mais maintenant on connaît les spécificités de chaque ligne. Là, par exemple, récemment on a fait des expériences à Antares et là on a fait d'autres expériences à Tempo, les deux sont complémentaires. Donc ça nous arrive souvent de publier entre deux lignes. »</i> M11.17 « <i>Disons que sur Soleil, j'ai déjà travaillé sur plusieurs lignes, quatre, donc oui... Des fois aussi on fait des projets où on est sur deux lignes, soit l'une après l'autre, soit... On fait des projets où on dit « je vais utiliser celle-là et celle-là » [...] C'est un très beau mode de fonctionnement. [...] Avant d'y aller [à SOLEIL], on va réfléchir comment on peut passer un objet qui soit compatible sur deux lignes. »</i> M11.18 « <i>C'est rarement mono technique et vraiment c'est une évolution que l'on voit. C'est un peu ma spécificité aussi. »</i> M11.19 « <i>On utilise le Synchrotron dans les publications, il y a trois quart ou la moitié fait sur synchrotron ou l'autre quart ou moitié c'est des mesures en laboratoire. Il y a d'autres équipes qui publient 100 % synchrotron mais nous on essaie de diversifier un peu, la moitié ou trois quarts synchrotrons et le reste des expériences en laboratoire. »</i> M11.20 <i>[SOLEIL scientist in response to a question about the systematic use of the synchrotron by all members of the community, versus other technologies] « Ah non le rayonnement synchrotron c'est une parmi d'autres. »</i>
--	---	---

Role of SOLEIL in the research process of the user teams	High <u>Very regular users</u> SOLEIL is a key instrument used almost systematically by user teams in their research activities. <u>SOLEIL is very critical</u> in the research of user teams The use of SOLEIL is indispensable for publishing in their field. For some, stopping the use of the synchrotron means changing their research object.	M12.1 « On a eu du temps de faisceau au moins deux fois par an à Soleil ou dans les autres Synchrotrons. » M12.2 « Quand on va là-bas [à SOLEIL], en général en une semaine on fait un article voire deux, dans certains cas on fait même trois articles. Donc si on fait une semaine tous les trois mois ou tous les six mois par an, on a dix/quinze articles sans aucun problème. » M12.3 « Pour nous [SOLEIL] c'est primordial pour la communauté française. C'est vraiment indispensable. [Question : En tout cas ce n'est pas possible de faire ce que vous faites sans Synchrotron et de publier ce que vous publiez.] On aurait peut-être fait des choses mais pour moi ça serait la moitié. » M12.4 « Sur les matériaux quantiques qui sont des matériaux très complexes, pour comprendre leur complexité on a vraiment besoin de très grands instruments. » M12.5 « Il y a quand même vraiment des choses qu'on ne peut pas voir en laboratoire. [...] Quand vous avez un échantillon macroscopique, c'est essentiellement du volume et donc quand on va aller voir seulement le premier plan à la surface, d'atomes, il faut aller en synchrotron parce que c'est une source extrêmement brillante de photons. [...] Si vraiment je voulais arrêter complètement le synchrotron, il faudrait peut-être que je change légèrement les systèmes que je regarde, que je change un peu mes habitudes parce que c'est tellement puissant le Synchrotron... Mais ça serait possible mais pas forcément très simple en fait. » M12.6 Excerpt from an interview with a SOLEIL scientist: « [Question : C'est un outil indispensable, le rayonnement synchrotron, pour cette communauté-là ?] Oui. [...] à chaque fois qu'il y a des nouveaux matériaux qui émergent... Le graphène c'est un vieux matériau mais il a eu le vent en poupe quand ils ont montré des propriétés de transport remarquables. Et du coup ils ont eu besoin de venir étudier la structure électronique parce qu'il n'y avait que Synchrotron qui permettait ça. [...] la structure électronique c'est une information très importante quand on veut comprendre les matériaux et là le Synchrotron est incontournable. »
--	---	---

Difference in research object and method between user teams and their home communities	N.A.	
NETWORK STRUCTURE		
Ties between user teams	Strong Informal Links between user teams <u>Strong, repeated ties</u>: teams know each other and collaborate at SOLEIL. <u>Non-institutional ties</u> <u>Long-standing ties</u>: they knew each other before SOLEIL.	<i>M14.1 [Question : Parmi ces équipes [qui travaillent sur la même thématique], est-ce qu'il y en a qui utilisent aussi Soleil ?] « Oui. Il y a les collègues de [un laboratoire], il y a [un autre laboratoire] où ils sont très connus [...]. Je ne sais pas si vous connaissez l'équipe de [nom de chercheur]. Maintenant il y a un collègue qui s'appelle [autre nom de chercheur] et je peux vous envoyer le mail ; il y a les collègues de [mention de 3 autres laboratoires] maintenant un peu moins, mais ce sont des gros utilisateurs. Donc oui, il y a pas mal d'équipes. Ils ont besoin de Soleil et de support théorique, les deux. [...] Je collabore beaucoup avec ces équipes-là, les collègues de [mention de 4 laboratoires]. [...] Quand on a des projets ANR, on utilise des mesures ensemble et on utilise Soleil pour ces projets-là. »</i> <i>M14.2 « Et en parallèle j'allais sur une autre ligne [...] mais pas pour mes manips mais surtout pour les manips de mes collègues japonais avec qui j'avais gardé le contact. [...] On est aussi en lien étroit avec une équipe de [nom d'un laboratoire français], l'équipe de [nom de chercheur]. [...] on collabore pas mal ensemble. [...] Là, moi je réactive mes collaborations au Japon. [...] Et on a dans le cadre d'une Anr, qui est portée par un de mes collègues de l'équipe, des collaborateurs à [nom d'un autre laboratoire français] et là c'est intéressant parce que c'est un collègue [...] qui monte une manip de photoémission telle qu'on pourrait les faire en synchrotron. »</i> <i>M14. 3 Excerpt from SOLEIL scientist : « Ces communautés-là s'appellent communautés matériaux quantiques mais il y en a beaucoup qui sont anciennes. En France c'est des communautés de la matière condensée, de la physique du solide. »</i> <i>M14.4 « En fait je rentre au CNRS en [date] et donc on a des aînés qui sont là et qui eux-mêmes utilisent le synchrotron. »</i>

Composition of user teams	Transverse User teams can be cross-lab	M15.1 « C'est vrai que je fais de plus en plus de projets avec de nouvelles équipes, de nouveaux collaborateurs qui deviennent après des utilisateurs de la ligne Ailes. » M15.2 « On a quand même eu accès, par collaboration avec d'autres équipes, à Soleil » [And later, about going to Synchrotron with people from other labs] « Oui, oui, très souvent avec d'autres. Maintenant avec les ANR depuis 2005, c'est très bien vu d'aller... Donc ce qu'aime bien SOLEIL, c'est qu'il y ait un doctorant, des contrats. C'est une thématique soutenue donc forcément il y a de la collaboration. Et puis nous on aime bien aussi parce que ça amène d'autres idées. Des gens qui ne sont pas de votre laboratoire, ils ont d'autres idées de manips »
Agreement on key members	Yes Agreement on SOLEIL scientists as members of the community Network brokers in the community: 2 users	M16.1 [Question : C'est super intéressant ce que vous dites parce que ça veut dire que quelque part les scientifiques de ligne, ils font partie de la communauté, en tout cas vous, vous les percevez comme faisant partie de cette communauté de matériaux quantiques. » « Oui. En tout cas, moi, tous les Synchrotrons dans lesquels je suis allée et en particulier à Soleil [...] ils [les scientifiques de ligne] ne sont pas juste là pour tourner les boutons. On échange vraiment, on a des publications en commun. Moi je sais que j'ai déjà participé à des temps de faisceau de [scientifiques de SOLEIL] sur ses thématiques à lui et c'était moi qui était là pour aider. Après je n'ai pas du tout la même connaissance que lui sur la ligne, bien sûr. Mais ce sont des scientifiques à part entière. » M16.2 « Il y avait eu le premier User Meeting en 2006, donc moi c'est deux ans après donc ça doit être ça, ça doit être le troisième. On devait organiser le User Meeting et on devait être médiateur entre la direction de Soleil et la communauté d'utilisateurs. » M16.3 « Et en parallèle j'allais sur une autre ligne [...] mais pas pour mes manips mais surtout pour les manips de mes collègues japonais [...] C'est par mon biais qu'un scientifique de ligne] a pris contact avec la communauté japonaise puisque lui, par ailleurs, s'intéresse beaucoup au Japon et puis que c'est très actif au niveau recherche et en synchrotron. Je sais qu'il y a eu pas mal d'échanges à ce moment-là avec [le scientifique de ligne] et d'autres personnes aussi à Soleil, je crois que [une autre scientifique de SOLEIL] était impliquée. Il y a des communautés de gens japonais impliqués dans le Synchrotron qui sont venus à Soleil. »
Difference in structure between user teams and their home communities	N.A	