



Institut national de physique nucléaire
et de physique des particules

ACCOMPAGNER ÉVOLUER TRANSMETTRE

Les perspectives techniques de l'IN2P3

REMERCIEMENTS

Ce rapport de synthèse est le fruit d'un projet collectif qui a mobilisé un groupe de travail pendant une année et a fait appel à tous les personnels de l'institut.

Nous remercions les directions des laboratoires, les chefs de services, les responsables de projets, les responsables des réseaux instrumentaux, les experts, qui ont répondu à nos nombreuses sollicitations et contribué à la réussite du projet.

Merci en particulier à Florence Ardellier, Thierry Ollivier, Valérie Givaudan, Renaud Le Gac, Bernard Genolini, Martine Verdenelli, Laurent Gross, David Longuevergne, Magali Damoiseaux, Philippe Laborie, Sandrine Pavy, Cyrille Berthe et Cyrille Thieffry pour leur disponibilité et leur engagement.

Rodolphe Clédassou et Rémi Cornat

Juin 2022

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	4
<hr/>	
Cadre et contexte des prospectives techniques	8
<hr/>	
Cadre des prospectives techniques	9
Contexte et enjeux	9
Démarche et périmètre de l'exercice	10
Nature et complétude des résultats	10
Analyses et indicateurs de vivacité	12
<hr/>	
Macroscopie des besoins	14
Accroître les savoir-faire	15
Évolution des fonctions support	16
Renouvellement des populations – spécialités concernées	18
Les jeunes dans l'institut	20
Analyse par tutelles	21
Conservation et évolution des savoir-faire – Taux de non permanents	22
Spécialités peu maîtrisées	23
Répartition géographique	24
Techniciens de BAP C	26
Annexes	28
<hr/>	
Table des spécialités où interviennent les techniciens de la BAP C	29
Glossaire	30
Références	31



RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

L'exercice de prospective nationale en physique nucléaire, physique des particules et astroparticules [1] a permis d'afficher pour les dix années à venir les feuilles de route des thèmes de recherche de l'institut inscrits pour la plupart au cœur des priorités stratégiques européennes et internationales de ces domaines de recherche.

En complément de cet exercice, des prospectives techniques ont été sollicitées par la direction de l'institut, s'appuyant sur ces feuilles de route scientifiques. Elles se proposent d'éclairer la politique d'institut et celle des laboratoires pour la gestion des compétences. Ce travail a été mené comme un projet par un groupe de 16 personnes et a fait appel à de très larges consultations. [2]

Ce document présente une synthèse de ces prospectives techniques et un échantillon d'analyses en appui de recommandations. La « méthodologie globale » utilisée est décrite dans un second document [3]. Un troisième document présente le « référentiel des spécialités » et décrit un prototype d'outil pour une utilisation au-delà de l'exercice lui-même [4].

Les recommandations sont énoncées dans les paragraphes qui suivent. Elle se déclinent en trois grandes catégories : i) approche multi-laboratoire et innovation technologique pour le futur, ii) mutation et évolution de notre organisation et iii) adaptation des fonctions support et transverses aux nouvelles exigences. Leur détail est consultable dans un document annexe.

Approche multi-laboratoire et innovation technologique pour le futur

► Renforcer l'approche multi-laboratoire, afin de mener les projets de taille significative en mettant en commun les savoirs et compétences.

De gros efforts ont été réalisés ces dernières années par la mise en place d'outils communs à l'ensemble des laboratoires ainsi que de réseaux thématiques. Ils ont permis aux ingénieurs et techniciens de développer des méthodes communes et collaboratives, d'échanger leurs savoirs et d'unir leurs efforts quelle que soit leur situation géographique. Cependant, même si des améliorations sont constatées, les équipes techniques de laboratoires différents, travaillant sur les mêmes expériences, interagissent souvent encore trop peu. Nous recommandons de renforcer les liens entre ces équipes et services.

► Associer chercheurs et ingénieurs dans la démarche d'innovation technologique.

Un certain cloisonnement est observé entre ingénieurs et chercheurs bien qu'ici et là des binômes historiques existent à l'échelle des laboratoires. Les innovations, par exemple en détecteurs de particules, nécessitent cependant aujourd'hui d'associer étroitement ingénieurs et chercheurs. Les réseaux instrumentaux et de nouvelles structures - des GDR technologiques par exemple - gagneraient à être conjointement fréquentés par chercheurs et ingénieurs de façon à faciliter les échanges et faire émerger de nouvelles idées combinant besoins scientifiques et innovations technologiques.

► Optimiser les engagements de l'institut en favorisant les activités de haute technicité.

Les effectifs techniques permanents sont globalement en baisse. Parallèlement, les projets sont de plus en plus complexes. Nous recommandons de maximiser les effectifs techniques permanents sur les activités stratégiques et d'avenir tout en préservant des capacités exploratoires ainsi que du temps pour le développement professionnel. Cela devra être complété par un renforcement des liens avec l'industrie, l'utilisation de l'assistance technique et l'emploi d'une main d'œuvre temporaire plus importante.

► Structurer et réguler l'émergence des nouveaux projets sur financements externes.

Les projets financés sur crédits CNRS et par les crédits spécifiques aux Infrastructures de recherche (IR) sont bien suivis et structurés par l'institut. C'est moins le cas pour les projets financés sur d'autres sources, très souvent résultant d'initiatives locales. Nous recommandons de mieux réguler l'émergence de projets sur financements externes et de les insérer plus en amont dans la vie et les processus décisionnels des laboratoires et de l'institut.

► S'appropriier et décliner des développements technologiques émergents.

De nouvelles technologies émergent en dehors des travaux menés à l'IN2P3 et par ses partenaires thématiques nationaux et internationaux. Il peut s'agir de recherches menées dans d'autres instituts et organismes de recherche ou dans l'industrie. Ces nouvelles technologies sont souvent très amont, extrêmement pointues et ne sont pas toujours immédiatement applicables à nos projets. Certaines pourraient cependant, si on se projette à 10 ans, ouvrir de nouveaux champs expérimentaux associés à des gains de performances très élevés. Un effort particulier doit être fait pour les identifier et les décliner au sein de projets de R&T pour nos domaines d'application.

Mutation et évolution de notre organisation

► Intégrer la démarche de prospective technique dans le fonctionnement de l'institut.

Les prospectives techniques ont nécessité un effort humain significatif et ont permis de réaliser une cartographie détaillée des ressources techniques de l'institut et de la confronter aux besoins. Cette information très riche doit être utilisée comme un outil pour la stratégie de gestion des ressources humaines de l'institut. Il semble possible et utile de capitaliser sur cet effort en mettant en place un processus collectif simple et adapté de suivi.

► Connaître, maîtriser et développer les compétences critiques nécessaires à l'institut.

Les compétences critiques, spécifiques ou rares sont celles, nécessaires à nos projets, qu'on ne trouve pas ou peu en dehors de l'IN2P3 et dont les détenteurs sont présents en nombre limité dans les laboratoires de l'institut. Nous devons en maintenir la liste, inventorier les personnes concernées et veiller à leur pérennité en y accordant un effort particulier (formations, apprentissage, etc.). Le constat est fait régulièrement que ces compétences sont détenues par un unique expert et disparaissent au départ de celui-ci. Il est impératif d'identifier ce type de situations en amont pour pouvoir soutenir et formaliser des méthodes de transmission des savoir-faire pour les compétences que l'institut souhaite conserver.

► Des ingénieurs et techniciens conjuguant leur engagement et leur développement professionnel.

Les personnels de l'institut doivent s'investir fortement dans les projets tout en réservant du temps pour leur développement professionnel, pour effectuer de la veille technologique, entreprendre des études prospectives, anticiper les besoins du futur, publier et communiquer. Nous recommandons la mise en place d'actions fortes permettant de concilier ces deux objectifs.

► Consolider le fonctionnement de l'institut autour de la cellule - service.

Le chef de service est l'agent en responsabilité le plus proche du terrain. Nous devons reconnaître, préciser et développer son rôle et nous appuyer plus fortement sur lui pour le fonctionnement de l'institut (projets, feuilles de route, compétences, formation). Dans cette optique, nous recommandons de mettre en place, en concertation avec les directions d'unité, des liens plus forts entre l'institut et l'ensemble des chefs de service et de promouvoir les actions de renforcement de leurs compétences managériales.

► Adapter les missions de nos réseaux instrumentaux aux besoins de l'institut.

Les expertises instrumentales de l'IN2P3, sont, pour la plupart, assemblées en réseaux qui permettent à nos spécialistes d'échanger sur les évolutions propres à un domaine technique spécifique. Ces réseaux sont un levier d'excellence pour l'institut et doivent être développés, ou pour certains consolidés, de façon à ce que l'institut puisse s'appuyer sur cette ressource pour développer ces compétences instrumentales et contribuer à l'émergence de nouveaux projets.

► Consolider l'adhésion des agents à nos projets par une communication interne renforcée.

La répartition géographique des laboratoires de l'institut associée à la multiplicité de leurs tutelles, favorise la prééminence d'une communication locale. Il en résulte un certain repliement régional qui accentue la distance entre les agents des différents laboratoires et avec l'institut. Des actions seront à mener pour intégrer la dimension nationale de l'institut dans le quotidien des agents dans le but de renforcer l'adhésion aux objectifs et aux méthodologies de fonctionnement de l'institut.

Adaptation des fonctions support et transverses aux nouvelles exigences

L'évolution de la réglementation et la complexité croissante des projets nécessitent d'adapter de façon permanente nos fonctions support. Cela implique de renforcer l'expertise des fonctions support dans les domaines du suivi administratif, budgétaire et ressources humaines, des ressources partenariales et de la maîtrise des infrastructures. Pour répondre à ces impératifs, nous devons :

► Assurer une communication et une information fortes au service des missions nationales de l'institut.

Les métiers de la communication et de la formation deviennent stratégiques. Ces activités requièrent une technicité de plus en plus grande et une adaptabilité à l'organisation de la recherche. De plus, de nouvelles spécialités émergent, comme les bibliothécaires de données, les métiers de la bibliométrie et de la gestion documentaire. Étant arrivée à un seuil très critique, la population compétente de l'institut ne pourra pas répondre aux besoins identifiés et de nouvelles ressources humaines devront être affectées à ces spécialités.

► **Renforcer la spécialisation du support administratif de proximité au service des projets.**

Il s'agira de former et de recruter des gestionnaires plus spécialisés, de niveau minimum AI : développer en particulier les compétences juridiques, contractuelles et financières en laboratoire, anticiper au mieux les besoins et assurer le transfert de compétences.

► **Développer la maîtrise des infrastructures hébergeant nos recherches, ainsi que la prévention, la radioprotection et la sûreté associées.**

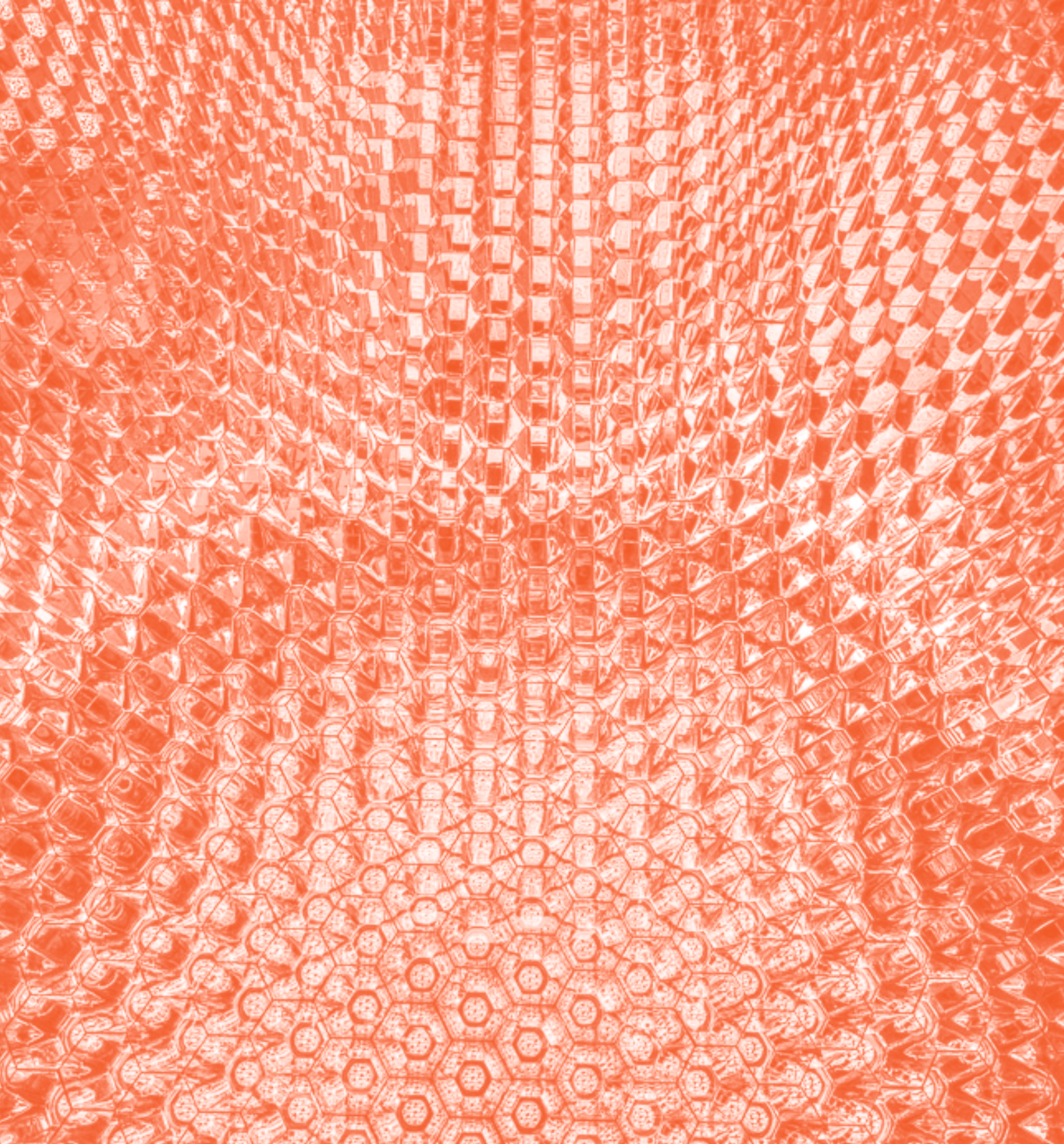
L'institut doit veiller à ce que l'ensemble des fonctions liées aux missions de prévention et protection, ainsi que les expertises en infrastructures, soient assurées et pérennisées. Il pourra le faire par des recrutements, des formations ou des reconversions professionnelles.

► **Renforcer une politique de formation ciblée au service des projets de l'institut.**

Nos projets nécessitent un niveau de spécialisation peu commun au CNRS. L'effort de formation interne de l'institut devra être accentué par des moyens nouveaux, tels que l'implication plus forte des réseaux instrumentaux, des missions de tutorat attribuées à des experts, la professionnalisation des « correspondants formation » en accord avec les directeurs d'unité, la digitalisation des contenus et l'allocation d'un budget dédié renforcé.

► **Identifier et accompagner les futurs responsables de projet et d'équipes techniques.**

La complexité et la technicité croissantes des projets impliquent de connaître les ingénieurs pouvant y assurer des responsabilités ou des expertises. Pour cela, l'institut devra mettre en place un dispositif pérenne d'identification des compétences au travers d'actions assurées par la direction adjointe technique, par des échanges avec les laboratoires et avec la mise en place d'un catalogue de fonctions. Les ingénieurs identifiés devront ensuite être accompagnés.



CADRE ET CONTEXTE DES PROSPECTIVES TECHNIQUES

■ CADRE DES PROSPECTIVES TECHNIQUES

L'exercice de prospective scientifique [1] a permis d'afficher pour les dix années à venir les feuilles de route des thèmes de recherche de l'institut.

En aval de cet exercice, des « prospectives emplois et compétences techniques à l'IN2P3 » (PECTIN) ont été sollicitées par la direction de l'institut. Cet exercice, piloté et organisé par le chargé de mission « Compétences » (Rémi Cornat, LPNHE), a été conduit comme un projet dont les livrables sont adressés à la direction de l'IN2P3 et accessibles à tous les agents. PECTIN dessine une projection à 10 ans des évolutions subies ou pilotées des compétences et des effectifs ITA. Cette projection vise à éclairer une politique d'institut pour la gestion des compétences. Elle intègre pour cela des études sur la pertinence et le mode d'utilisation des outils que nous proposons.

■ CONTEXTE ET ENJEUX

L'un des enjeux de l'exercice de prospective, PECTIN, est d'appuyer une des missions principales de l'institut qui est de mener une recherche de premier plan en développant des contributions instrumentales au meilleur niveau. Cet objectif nécessite d'adapter les ressources techniques au mieux des moyens et par anticipation.

Cet exercice doit prendre en compte l'évolution des moyens alloués. C'est-à-dire des dotations d'état qui stagnent et des effectifs globaux d'ingénieurs et techniciens permanents qui ont décru, depuis une douzaine d'années, en moyenne de 1,2 % par an. En parallèle, relever les défis scientifiques de demain demande une forte implication technique dans des projets dont la durée augmente et qui sont demandeurs de fortes innovations technologiques.

À son niveau, l'institut n'a pas la maîtrise de tous les processus de gestion des compétences. PECTIN est un prototype d'une démarche de gestion des compétences techniques au niveau de l'institut afin de répondre au mieux à ces futurs défis. Il s'agit de croiser les besoins issus des prospectives scientifiques avec les dynamiques des populations ITA et de leurs savoir-faire.

Les instruments développés à l'IN2P3, ambitieux et aux limites des technologies maîtrisées, requièrent innovations et mise en œuvre de techniques et technologies qui évoluent de plus en plus rapidement. Le coût d'acquisition de ces dernières augmente, par exemple en microélectronique. De plus, l'initiative des nouvelles technologies n'est plus l'exclusivité du monde académique, notamment en informatique.

Les innovations requises peuvent aussi provenir d'autres instituts, organismes ou universités, qui ne les valorisent pas spécialement pour l'IN2P3. En parallèle, l'institut ne peut pas compter uniquement sur les R&D externes pour ses propres besoins et doit poursuivre un programme énergétique de R&T spécifiques dans les domaines technologiques dont il est le principal utilisateur.

Dans un situation orientée à la baisse du nombre de permanents et d'augmentation de la technicité nécessaire, l'équilibre entre la maîtrise en interne des technologies et la sous-traitance dans l'industrie constitue un des enjeux majeurs de l'institut pour anticiper les spécialités à renforcer. Cette réflexion doit également prendre en compte les budgets d'achat disponibles qui sont souvent limités par rapport à ceux de l'industrie dont nous sommes dépendants pour certains choix technologiques. À cela viennent s'ajouter des enjeux de maîtrise de la planification, car nos applications ne représentent que peu de parts de marchés pour les industriels auxquels nous faisons appel.

L'un des défis des R&T portera sur l'adaptation de technologies développées dans l'industrie ou dans d'autres domaines académiques sans négliger la part d'adaptation et de mise en œuvre pour les applications de l'IN2P3. Ces évolutions ont des conséquences sur la nature et l'organisation de nos activités. Cela demande de l'anticipation, non seulement sur les budgets, mais aussi sur la gestion des compétences.

Le dernier élément de contexte porte sur l'articulation de nos contributions avec nos partenaires internationaux afin de renforcer notre visibilité et nos savoir-faire spécifiques. Sur le plan technique et technologique, plusieurs schémas existent : complémentarité, collaboration, partenariat, etc. Par exemple, dans le domaine des accélérateurs, pour la construction d'un LINAC supraconducteur, il existe une véritable complémentarité entre le CEA et l'IN2P3 dans le développement de cavités supraconductrices. Les choix à faire par l'institut

Détecteur cryogénique utilisé pour l'expérience Edelweiss
(Expérience pour Détecter Les WIMPs En Site Souterrain).
© Edelweiss Collaboration ▼



devront en tenir compte et auront un impact sur la gestion de ses compétences.

Le dernier élément de contexte porte sur la diversité croissante des sollicitations externes. Que ce soit l'augmentation du nombre de guichets financiers ou les grandes initiatives transverses et l'open data, ces sollicitations ajoutent des activités de haute technicité à celles liées aux missions nationales et créent un surcroît d'activité et de travail. À ce titre, les supports et soutiens de proximité sont parmi les plus exposés.

Les prospectives techniques ont été menées dans ce contexte d'évolution rapide de notre environnement, des technologies et des contraintes sur les effectifs.

■ DÉMARCHE ET PÉRIMÈTRE DE L'EXERCICE

Nous justifions ici l'utilisation des principales notions utilisées pour construire les référentiels proposés. Notre démarche consiste à choisir un niveau de données exploitable et d'en vérifier la validité à partir d'un prototype. Nous décrivons comment nous avons choisi les notions sur lesquelles nous appuyons notre travail.

L'objectif est de permettre à la direction de l'institut ou aux directions des laboratoires de mettre en adéquation les capacités humaines avec les objectifs de la recherche. La notion de capacité dépend des effectifs et des compétences. Pourtant, dans cet exercice, nous n'avons pas choisi d'utiliser le niveau de compétence. En effet, le travail de mise en adéquation demanderait de construire et de renseigner une base de données où les compétences seraient identifiées¹ et reliées à un nombre de personnes ou d'équivalent temps plein et à une évaluation des besoins. Pour être exploitable, cette base doit avoir un nombre réduit d'entrées, pertinentes pour le niveau de gestion.

Nous avons alors choisi de construire notre base par « spécialité », que nous définissons comme « un ensemble de compétences permettant la poursuite d'un objectif particulier dans l'exercice d'un métier et d'activités spécifiques » [6]. Le niveau de précision se situe entre l'emploi-type (niveau CNRS) et la fiche de poste (niveau laboratoire). Ce regroupement permet de réduire le nombre d'entrées pour faire des analyses sur un nombre réduit : nous avons distingué environ 150 spécialités. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur l'analyse des membres du groupe de travail, les services des laboratoires et la consultation de réseaux experts de l'IN2P3.

Le « référentiel » que PECTIN produit est composé de fiches décrivant les spécialités. Les informations d'ori-

gines personnelles sont rendues anonymes et le référentiel ne comporte que des statistiques. Il ne comporte pas de niveau de maîtrise car il n'a pas été conçu pour l'évaluation des agents.

La photographie des compétences techniques de l'institut devait illustrer toute sa richesse. C'est ainsi que chaque agent a pu déclarer une spécialité principale et une à cinq spécialités secondaires tout en indiquant le niveau de maîtrise estimé sur ces dernières. Il est implicite que le rang de la spécialité secondaire est un indicateur de son caractère anecdotique ou important pour le profil de chaque agent.

Les « compétences critiques, rares ou spécifiques » correspondent à des savoir-faire peu représentés, essentiels, en danger voire inexistant hors de l'IN2P3. Ils ne sont pas toujours mis en avant par leurs dépositaires d'où le besoin d'une démarche de leurs responsables.

Ces notions se comprennent en fonction des besoins. Nous avons réalisé pour cela la transposition des recommandations des prospectives scientifiques de l'IN2P3 ou de feuilles de routes externes comme celle de l'ECFA [7] en termes de spécialités ou de ressources. Cette transposition a été réalisée par le groupe de travail en s'appuyant sur les retours suite à une consultation des experts, des responsables des projets dont les enjeux sont majeurs pour l'institut, ainsi que des DAS concernés.

■ NATURE ET COMPLÉTUDE DES RÉSULTATS

Après avoir posé les bases de notre travail, nous avons lancé une validation en les appliquant aux laboratoires. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur plusieurs consultations.

Nous avons obtenu des données d'utilisation des spécialités auprès des directions techniques, directions de service, responsables de master projets et experts. Malgré un taux de réponse de plus de 90 %, il subsiste une certaine inhomogénéité qui peut dépendre de la communauté, du temps passé sur l'exercice, de la compréhension des attendus, et qui induit un biais relatif dans les résultats.

L'analyse fine de la cartographie des spécialités sur l'ensemble de l'institut montre que le nombre et la nature des spécialités retenues est satisfaisante. Une augmentation du nombre n'est pas nécessaire et une réduction serait dommageable à la qualité de la description des forces et besoins de l'institut.

1. Nous estimons que le nombre de compétences est de l'ordre du millier.

D'ores et déjà, nous avons constaté que l'évaluation n'est pas exhaustive. Certaines entités se sont appliquées à exploiter la possibilité d'afficher cinq rangs de spécialités tandis que d'autres se sont focalisées sur les spécialités principales.

Malgré ces limites, nous avons pu établir des indicateurs de la vivacité des effectifs techniques de l'institut et nous proposons plusieurs représentations pour que la direction puisse mesurer les points forts et les points faibles de ses capacités. Ces indicateurs permettent d'avoir une vision au niveau de l'institut et des laboratoires, et donc une cartographie des spécialités.

Concernant les besoins, tous n'ont pas été exprimés au même niveau et sans forcément une notion quantitative de projection à moyen terme, ce qui rend l'exploitation et l'interprétation des données complexe (limite de l'exercice de consultation soumis au ressenti des personnels consultés). La retranscription des besoins exprimés par les chercheurs en termes de spécialité demande des expertises plus étendues que celles du groupe PECTIN. Malgré tout, nous avons pu identifier des besoins en termes de spécialités, mais non les quantifier en termes d'équivalent temps plein. Nous avons noté des biais comme la sous-estimation des fonctions support. Nous avons alors ébauché un travail de rectification qui nous a permis d'émettre les recommandations présentées dans ce rapport.

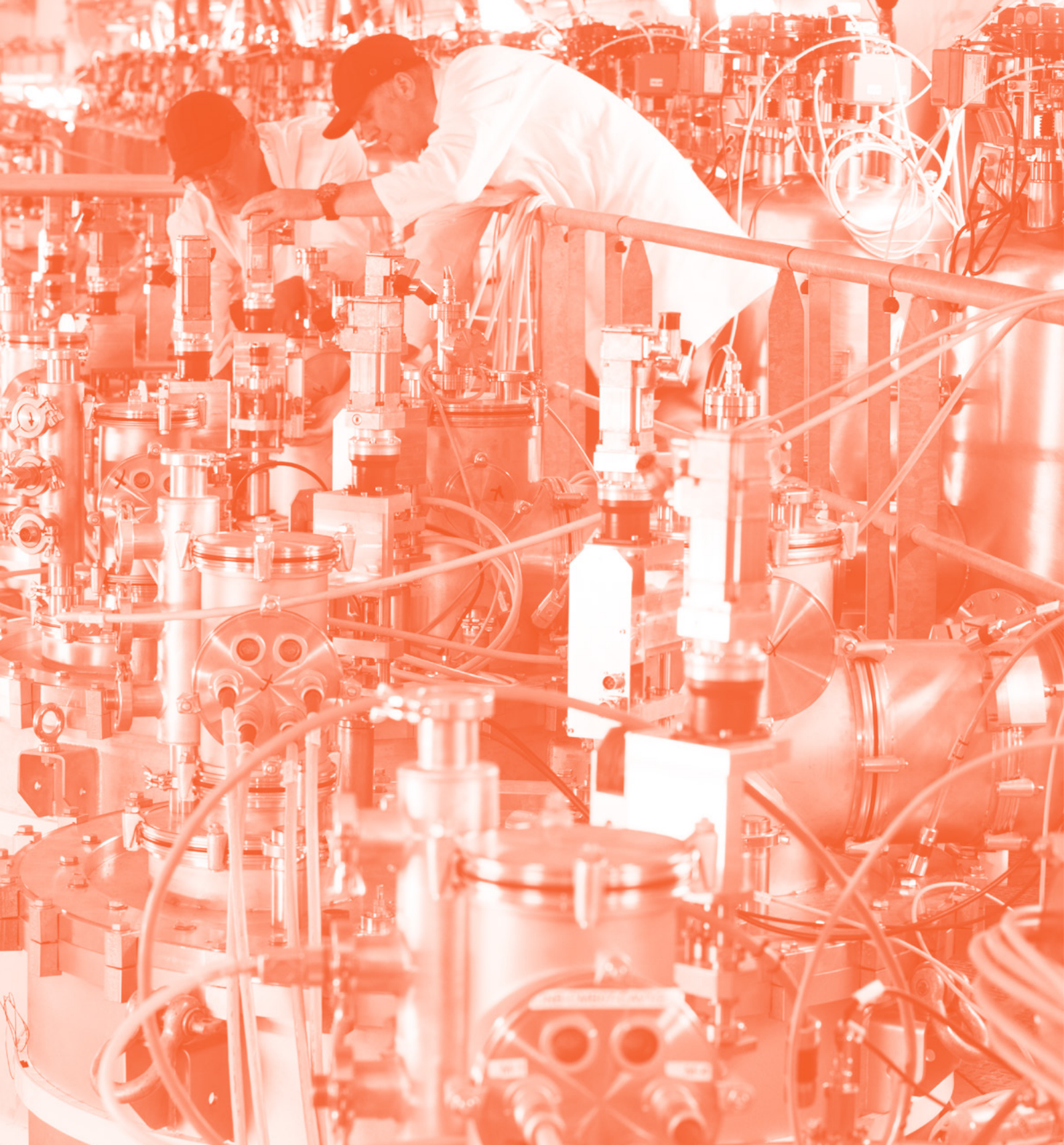
Concernant les compétences rares ou critiques, nous avons demandé aux personnes que nous avons consultées de faire une analyse à leur niveau. Ces données ont été dépouillées et il en ressort qu'avec le fonctionnement actuel, le plus pertinent est de les associer aux spécialités concernées et d'engager des processus spécifiques sur lesquels nous faisons des recommandations et proposons des actions. L'utilisation des indicateurs et de la cartographie des spécialités permettra de proposer des méthodes de travail adaptées.

Le groupe de travail a pu identifier divers biais. En effet, sa composition reflète la diversité des métiers et des situations de l'IN2P3.

Notre démarche ne vise pas à livrer un ensemble exhaustif. Atteindre ce niveau de qualité demanderait un temps incompatible avec le calendrier des perspectives. Nous recommandons que l'institut utilise ces résultats partiels et adopte une démarche d'amélioration continue. Elle permettra de s'appuyer sur les réalités de notre recherche au prix d'efforts raisonnables.

Tests du système de changeur de
filtres avant son installation au sein
du LSST (Large Synoptic Survey
Telescope). © Patrick Dumas /
Photothèque IN2P3 ▼





ANALYSES ET INDICATEURS DE VIVACITÉ

L'information que nous avons collectée est très riche et permettra de mener des analyses ciblées ou générales d'une très grande diversité. Il n'était pas possible d'être exhaustif ici et nous avons choisi de présenter un ensemble non couvrant d'analyses qui argumentent nos recommandations. Un travail important et utile pour l'institut devra être mené au cours des prochaines années pour compléter l'exercice.

Il nous a paru important d'examiner la vivacité des spécialités et des savoir-faire présents dans l'institut. Pour ce faire, nous avons utilisé 6 indicateurs représentatifs

dont on trouvera la définition détaillée dans le second document [2]. Ils prennent en compte, pour chaque spécialité, le nombre d'agents la maîtrisant, la proportion d'agents proches de la retraite, de jeunes, de CDDs, leur répartition géographique et enfin la maîtrise opérationnelle de leurs savoirs.

Nous proposons ensuite un choix d'analyses, dont certaines, basées sur ces indicateurs de vivacité des spécialités, sous-tendent et justifient nos recommandations.

Fig 1. Matrice de couverture des recommandations par les analyses. ▼

GROUPES	RECOMMANDATIONS	CHAPITRES
Culture multi laboratoire et innovation technologique pour le futur	Renforcer la culture multi-laboratoire, afin de mener les projets de taille significative, en s'affranchissant des aspects géographiques et en mettant en commun les savoirs.	2.1, 2.9
	Associer chercheurs et ingénieurs dans la démarche d'innovation technologique pour relever les défis des années à venir.	
	Optimiser les engagements de l'institut en favorisant les activités de haute technicité.	2.1, 2.4
	Structurer & réguler l'émergence des nouveaux projets sur financement externe.	2.3
	S'approprier et décliner des développements technologiques émergents d'autres domaines de recherche et de l'industrie.	2.1, 2.7
Mutation et évolution de notre organisation	Intégrer la démarche de prospective technique dans les processus de fonctionnement de l'institut.	Doc. 2
	Des IT conjuguant leur engagement et leur développement professionnel.	2.2
	Consolider le fonctionnement de l'institut autour de la cellule - service.	2.3
	Connaître, maîtriser et développer les compétences critiques nécessaires à l'institut.	2.2
	Adapter nos réseaux instrumentaux aux besoins de l'institut.	2.9
	Capitaliser et transmettre nos connaissances et nos ressources, fondations intergénérationnelles des projets.	2.2, 2.4
	Consolider l'adhésion des agents à nos projets par une communication interne renforcée.	2.3
Adaptation des fonctions support et transverses aux nouvelles exigences	Assurer une communication et une information fortes au service des missions nationales de l'institut.	2.3
	En lien avec l'évolution du panorama de la recherche, renforcer la spécialisation du support administratif de proximité au service des projets.	2.3
	Développer la maîtrise des infrastructures hébergeant nos recherches, ainsi que la prévention, la radioprotection et la sûreté associées.	
	Élaborer une politique de formation ciblée et ambitieuse au service des projets de l'institut.	2.2
	Donner à l'institut les moyens d'identifier et accompagner les futurs responsables de projet et équipes techniques.	2.5

■ MACROSCOPIE DES BESOINS

Une enquête spécifique auprès d'un panel choisi de responsables de projets-maîtres et des DAS nous a permis d'identifier les nouveaux besoins au regard des recommandations issues de l'exercice de prospective nationale en physique nucléaire, physique des particules et astroparticules [1].

Un nouveau besoin est défini comme étant une spécialité pour laquelle il faudrait accroître les effectifs ou développer des savoir-faire.

Nous nous sommes concentrés sur les groupes thématiques Accélérateurs et instrumentation associée (GT07), Détecteurs et instrumentation associée (GT08) et Calcul, algorithmes et données (GT09). Cette approche n'a pas été exhaustive, notamment parce que tous les groupes thématiques n'ont pas été pris en compte. Nous avons ainsi interrogé les responsables scientifiques de 33 projets d'enjeux majeurs² au sein de l'IN2P3.

Les nombres de spécialités par type de nouveaux besoins sont détaillés dans la tableau ci-dessous. Elles sont un peu plus d'une centaine pour lesquelles des besoins d'effectifs supplémentaires ont été identifiés, soit 70 % des 152 spécialités référencées.

Nombre total de spécialités citées par les experts	136
Accroître les effectifs et/ou développe les savoir-faire	108
Accroître les effectifs	106
Développer les savoir-faire	64

▲ Nombre de spécialités par type de nouveau besoin.

Le volume des effectifs de l'institut concernés par ces spécialités, qui selon les réponses à la consultation nécessitent plus de personnel, est d'environ 850 ETP ce qui représente environ 60 % de l'effectif permanent. Ceci correspond à une estimation des besoins supplémentaires de 85 ETP/an en faisant l'hypothèse que l'augmentation souhaitée serait au minimum de 10 %. L'effritement observé des effectifs de 1,2 % par an malgré le remplacement des départs à la retraite, s'il se poursuit, générera un déficit supplémentaire de 15 ETP/an.

Dans ce scénario réaliste, le déficit cumulé à 5 ans représenterait l'équivalent des ressources humaines que nous consacrons à un projet comme ATLAS.

Répondre à ce besoin par des permanents nécessiterait au moins de doubler le nombre d'embauches en concours externe sur une durée de 5 ans ce qui est hors d'atteinte. Les responsables de Master Projets consultés ont bien conscience de la tension existant sur les effectifs techniques. Il se dégage de leurs retours un constat convergent de sous dotation induisant des tensions très fortes sur des équipes pourtant très engagées et un glissement chronique des calendriers de développement des expériences.

Cette étude macroscopique ne porte que sur une partie des projets d'enjeux majeurs pour lesquels notre système d'information projets (NSIP) nous indique qu'ils représentent 75 % à 80 % de nos investissements en ressources humaines.

Comment répondre à cette problématique ? Comment dès lors prendre en compte les nouveaux projets qui vont émerger des prospectives scientifiques ? Notre analyse nous amène à recommander :

- De concentrer plus fortement nos ressources, pour ces projets à forts enjeux pour l'institut, sur des développements significatifs mais limités en nombre, voire unique.
- D'y impliquer idéalement l'ensemble des chercheurs du domaine concerné et de favoriser les équipes projets multi laboratoires pour réaliser les développements.
- D'accentuer, dans les laboratoires qui le peuvent, l'implication des ressources humaines sur les projets d'enjeux majeurs.
- De faire un tri plus sévère entre les tâches à réaliser en interne (de haute technicité) et celles à sous-traiter (plus triviales).
- D'augmenter dans la mesure du possible le recours à de la main d'œuvre temporaire ou de la sous-traitance technique, tout en veillant à la pérennité des savoir-faire (nous préconisons une cible de 20 % en moyenne, sans toutefois dépasser 30 %, pour garder la maîtrise des compétences).
- De tisser des liens plus étroits avec l'industrie (notamment les PME et les ETI) pour les tâches plus classiques ou des activités pointues que nous ne pourrions pérenniser en interne. À ce titre, la mise en place de contrats cadres nationaux serait une réelle plus-value en termes de coûts et de qualité des prestations. Des expériences de co-développement CNRS/industrie pourraient aussi être envisagées.

2. Essentiellement ceux pour lesquels les enjeux pour l'institut sont majeurs. Ils représentent ~80 % de notre activité.

■ ACCROÎTRE LES SAVOIR-FAIRE

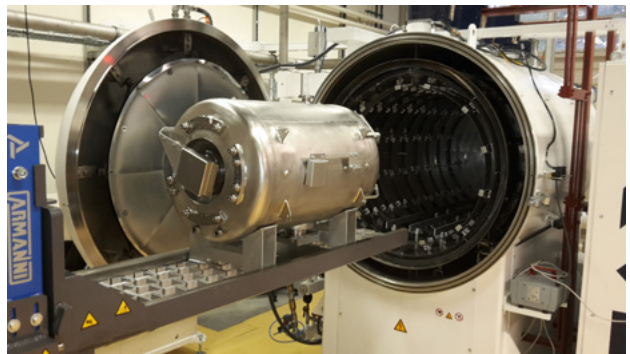
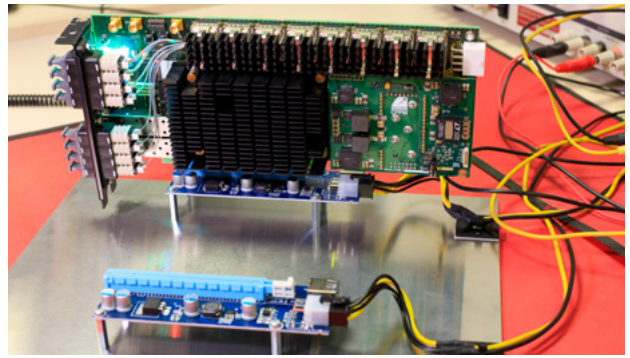
Comme nous l'avons expliqué au chapitre précédent, les physiciens et les experts techniques pointent la nécessaire croissance des savoir-faire au service des nouveaux développements. Un consensus se dégage sur la notion d'inflation technologique et l'augmentation sub-séquent de la technicité des agents techniques.

Comment pouvons-nous concilier cet impératif avec la réduction des effectifs techniques permanents et la limitation des recrutements ? Si nous regardons en détails les demandes, il y a peu de compétences dont nous pouvons nous affranchir mais beaucoup à acquérir.

Des pistes ont été évoquées sur l'augmentation des effectifs non permanents, l'assistance technique, la sous-traitance, les partenariats industriels. De façon complémentaire, elles doivent être accompagnées par des actions fortes pour :

- Connaître et transmettre les savoirs des agents expérimentés aux jeunes.
- Connaître et transmettre les compétences spécifiques, critiques ou rares et donc de discriminer celles que nous devons garder de celles que des partenariats peuvent nous apporter.
- Former nos agents pour qu'ils acquièrent les nouvelles compétences et les expérimentent.

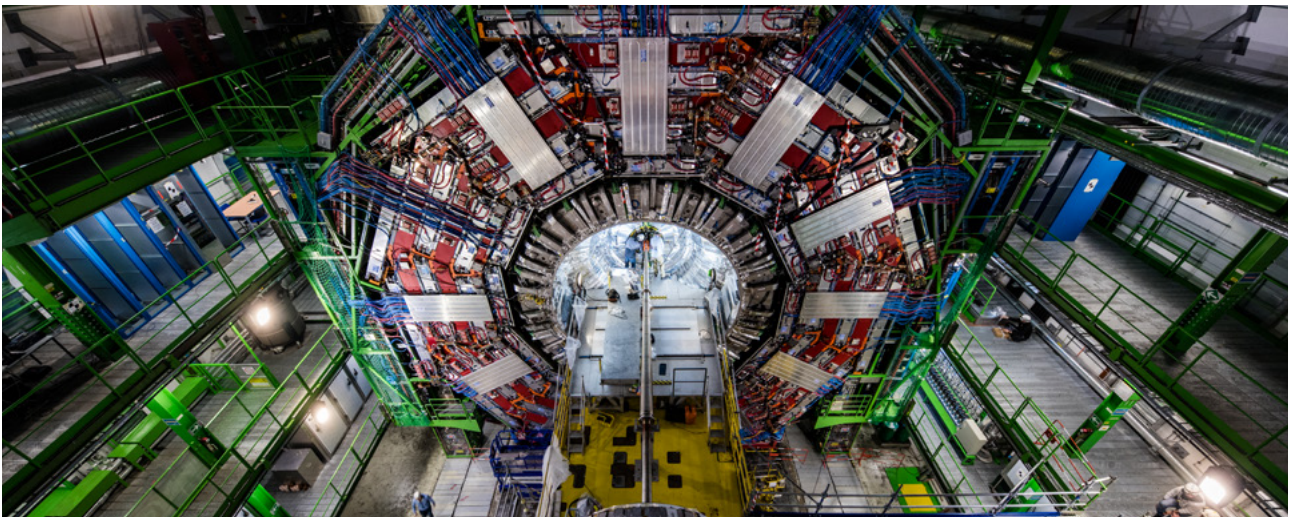
Tout cela suppose que les ingénieurs et les techniciens puissent conjuguer leur engagement dans les projets et le nécessaire développement professionnel évoqué ici. Les chefs de service ont un rôle déterminant, qu'il faudra accentuer, pour mettre en œuvre toutes ces actions et éclairer l'institut.



▲ Carte PCIe40, bijou de technologie de 24x11 cm², pour le système d'acquisition de l'expérience LHCb (Large Hadron Collider beauty) et aussi pour les collaborations ALICE et Belle II. © Camille Moirenc.

Une cavité accélératrice supraconductrice type double Spoke pour le projet ESS en cours d'insertion dans un four de recuit sous vide sur la plateforme Supratech d'IJCLab. ©Thierry Pépin-Donat / Plateforme SUPRATECH / IJCLab.

Changement du détecteur de pixels sur le détecteur CMS
© CERN / Maximilien Brice▼



■ ÉVOLUTION DES FONCTIONS SUPPORT

L'analyse des besoins exprimés sur les expériences de physique, telle qu'elle a été menée, ne permet pas d'inférer directement l'intégralité des besoins associés pour les fonctions support. Certaines sont mentionnées par les responsables de projet - comme la spécialité « responsable administratif de projet » - mais d'autres n'interviennent pas directement dans les développements et peuvent avoir été oubliées ou mésestimées.

C'est une fragilité certaine de la méthode et nous avons essayé de la prendre en compte au travers d'analyses particulières.

Une première approche consisterait à observer au moyen du système d'information projet de l'institut (NSIP), le ratio des déclarations entre les activités projets et les activités de services et support. En effet, pour la grande majorité, les BAP F, G et J font leurs déclarations dans la rubrique « services et supports ». Sur la période 2016-2021 cette fraction est remarquablement constante autour de 24 %. Une simple homothétie à partir des besoins exprimés sur les projets suggère donc une tension croissante des activités sur les fonctions support.

En 2020, l'ensemble de ces BAP représente 22 % de l'effectif IT de l'IN2P3. En 2002 F. Dupont et JP. Repellin avaient mené une étude sur l'évolution des moyens de l'IN2P3 en personnel depuis 1995. À cette époque « 75 % des ITA étaient impliqués dans l'activité instrumentale (incluant les accélérateurs) et 25 % dans les activités de support indispensables aux laboratoires ». Le rapport Double, publié en octobre 1995 indique que cette proportion était alors de 28 %.

Un premier constat est que la proportion des fonctions de support a baissé de façon significative dans les années 1995 à 2005, puis plus modérément depuis lors,

malgré le transfert de certaines responsabilités vers les délégations régionales.

Le tableau ci-dessous (fig.2) fait la comparaison des populations entre 1995 et 2020.

L'augmentation de la technicité est évidente dans la BAP-F et à un moindre degré la BAP-G, où elle n'est pas due qu'au départ à la retraite des techniciens. La BAP-J en revanche n'a pas suivi cette tendance et près de la moitié (45 %) sont des techniciens (T et AJT).

Les effectifs actuels des fonctions d'administration (BAP J) sont faibles (22 % des IT mais < 5 % de l'ensemble de la population). La complexification des règles administratives, l'augmentation des guichets financiers (Europe, ANR...), la politique d'ouverture des données, le besoin de mettre en avant nos productions scientifiques, sont quelques exemples de problématiques qui doivent nous inciter à augmenter la technicité et les ressources dans les domaines associés aux fonctions support.

On pourrait penser qu'une partie des compétences nécessaires ont été transférées dans les délégations régionales. Ceci n'est vrai qu'en partie, en réalité on constate une perte globale d'efficacité pour nombre de raisons, parmi elles : la distance entre les directions régionales et les équipes des laboratoires, les interfaces supplémentaires, la propension à vouloir standardiser le traitement des dossiers à des fins de gain de temps.

On peut alors confronter cette analyse à quelques problématiques.

► L'augmentation des guichets financiers pour les projets

La dernière décennie a vu apparaître une augmentation très significative des guichets financiers pour les projets (ANR, Europe, Régions, PIA...). Cette tendance va s'amplifier dans les années à venir par exemple du fait de

Fig 2. Comparaison des effectifs des spécialités de support entre 1995 et 2020. Double dans son rapport recommandait pour chacun des BAP des cibles en effectifs. La comparaison de ces cibles avec l'état actuel des effectifs est d'intérêt. ▼

Branches professionnelles	« DOUBLE 1995 »			2020	
	Total des effectifs	Ratio ingénieurs	Cible en effectifs	Total des effectifs	Ratio ingénieurs
BAP-F (BAP-4)	65	12 %	35	31	41 %
BAP-J (BAP-5)	255	14 %	185	163	20 %
BAP-G (BAP-6)	138	12 %	95	81	25 %

l'augmentation prévue du budget de l'ANR. Ces guichets sont accessibles via chaque tutelle de nos UMR et ceci démultiplie la complexité des dossiers administratifs pour des projets financés par de multiples sources.

Au surplus, les règles administratives n'ont pas été allégées. Parallèlement, de nombreux outils informatiques ont permis d'automatiser et de prendre en charge les tâches les plus simples ou les plus répétitives.

Il faudra donc évoluer rapidement vers une augmentation de la technicité de la BAP-J (achats, juridique, ressources humaines, partenariats...) et recruter au minimum dans le corps des AI.

On peut s'attendre aussi à des augmentations transitoires de la charge de travail, et il faudra pouvoir les absorber en faisant appel à un volant d'assistance technique dans ces spécialités, qui pourrait être payée via la prise en compte systématique de ces activités dans les budgets des projets.

L'implication plus forte et plus en amont de l'institut, des directions d'unité, des services techniques et des supports administratifs dans le montage et la gestion des projets devra aussi permettre de fluidifier les activités et d'atténuer les pics de charge.

► **L'exigence de visibilité : mise en valeur de notre recherche et de notre patrimoine matériel et immatériel**

Les problématiques sociétales investissent tous les domaines de la recherche. Elles sont de plus en plus prégnantes et captent des ressources financières de plus en plus importantes dans un contexte budgétaire global limité.

Parallèlement des pas de géants ont été faits dans nos domaines et de nouveaux champs exploratoires sont apparus. L'avenir est enthousiasmant pour un jeune chercheur ou un jeune ingénieur mais la compétition pour obtenir les financements nécessaires sera de plus en plus rude.

C'est pourquoi, dans une société de la communication et des réseaux sociaux, nous devons d'une certaine manière envahir l'espace public et avoir des agents de très haut niveau, formés spécifiquement et dont les actions percutantes se déploieront au service de l'institut pour mettre en valeur nos développements, nos publications, notre recherche et faire connaître nos savoirs. C'est une condition *sine qua non* pour obtenir les budgets nécessaires aux expériences que nous souhaitons développer.

La contribution des physiciens et des ingénieurs technologues à ces actions est bien sûr nécessaire mais

elle ne sera pas suffisante. Que ce soit localement ou à l'échelle internationale, nos UMR doivent donc avoir les spécialités requises et un objectif devrait consister à avoir au moins un spécialiste en communication et un en documentation et patrimoine scientifique dans chacune d'elle. La gestion d'outils complexes, le besoin de conduire des actions en s'appuyant sur des entreprises spécialisées impliquent que ce soient presque exclusivement des ingénieurs.

► **La nécessité grandissante de faire collaborer les laboratoires**

Comme on l'a mentionné, en lien avec l'inflation technologique, de façon encore plus forte que dans le passé, les laboratoires devront collaborer plus étroitement pour développer les futures expériences dans les domaines scientifiques de l'institut. Cette tendance nécessitera une adhésion de tous aux projets communs et une identification forte à l'IN2P3. La communication entre les laboratoires d'une part, et entre l'institut et les laboratoires d'autre part, devra donc être renforcée pour le permettre.

Une bonne façon de répondre à ces besoins est de renforcer le travail en réseau dans la BAP-F et par exemple qu'une part d'activités institutionnelles puisse être prise en charge de façon systématique dans ces domaines par des agents localisés dans les laboratoires.

Ceci aura aussi des impacts sur les activités d'administration (contrats, missions, gestion financière...) qui nécessiteront de plus fortes interactions entre les laboratoires. On pourrait, pour les projets de grande envergure, imaginer d'étendre le rôle de responsable administratif de projet au-delà de leur laboratoire d'appartenance.

En regard de ces constats, les contraintes sont fortes sur les recrutements externes. Or l'essence de l'institut est de développer des expériences au service de la science, ce qui implique de ne pas sacrifier les recrutements techniques. Il nous semble en résumé qu'il faudra pour les fonctions support :

- Augmenter la technicité des personnels permanents (recrutements IR/IE et au cas par cas AI).
- S'appuyer nettement sur une fraction importante d'assistance technique (<33 %) qui pourrait être financée via les projets (les coûts associés devront être inclus dans les budgets).
- Maximiser le recours à la sous-traitance pour les tâches de faibles technicités.

RENOUVELLEMENT DES POPULATIONS – SPÉCIALITÉS CONCERNÉES

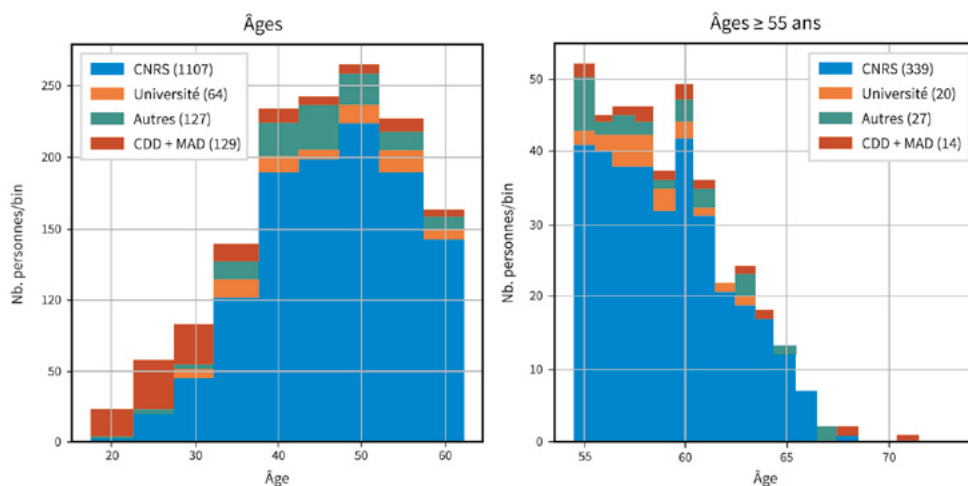
Observons l'effet du vieillissement de l'ensemble des personnels permanents, hors mise à disposition ou détachement, sur le renouvellement des populations par spécialités. Il est difficile de savoir la durée de présence des personnels de ces catégories. Les tutelles autres que le CNRS représente 15 % des effectifs des permanents, même si cette proportion est plus faible au-delà de 55 ans (12 %). Nous devons les prendre en compte.

La figure 3 montre aussi que l'âge de départ effectif à la retraite peut aller légèrement au-delà de l'âge minimal de départ : c'est le cas des personnes qui ont fait de longues études, qui sont fortement présentes dans nos laboratoires.

Nous introduisons les critères suivants pour évaluer le besoin de renouvellement dans une spécialité :

- Si 1/3 ou plus de l'effectif part à la retraite dans les 5 ans, la spécialité est menacée.
- Si 20 % à 33 % de l'effectif part dans les 5 ans, c'est un point de vigilance.
- Si moins de 20 % de l'effectif part dans les 5 ans, il n'y a pas de risque à moyen terme.

Nous avons choisi de calculer ce taux en appliquant un seuil sur l'âge. Sachant que l'âge de départ effectif à la retraite peut varier de 60 à 67 ans, nous avons examiné son influence sur la répartition en sélectionnant une démographie représentative, telle que discutée dans le document 2 : les permanents dans toutes les tutelles, pour les spécialités opérationnelles dont le rang va de principal au deuxième niveau de secondarité inclus. La figure suivante (fig 4.) montre que la variation du seuil modifie de façon notable la cartographie du risque lié au vieillissement. Il nous a donc semblé préférable de garder un seuil à 57 ans.

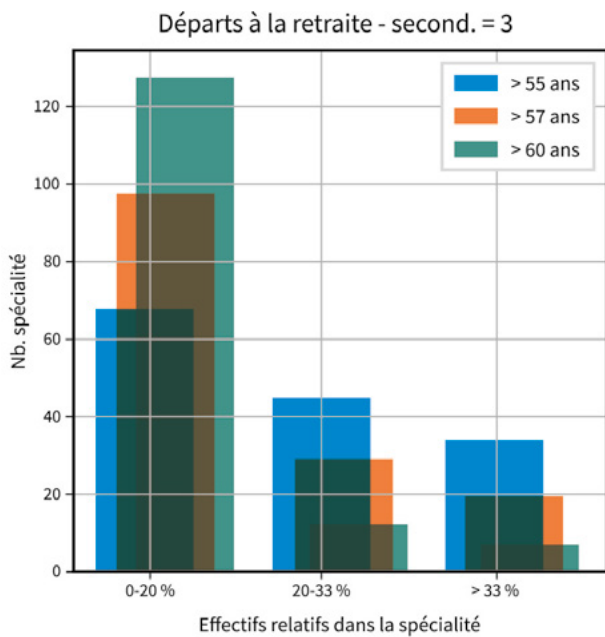


◀ Fig. 3. Distribution des âges selon les statuts. La section CNRS, université et autres ne contiennent que les personnels permanents. La dernière catégorie correspond aux CCD et aux personnes mises à disposition. Le nombre entre parenthèses correspond aux effectifs. La valeur en abscisse correspond au début de la classe concernée. Par exemple, pour la figure de gauche, la première classe correspond aux personnes âgées de 20 à 24 ans inclus.

Avec ce seuil, pratiquement toutes les spécialités sont concernées. Beaucoup nécessitent une vigilance, dont 20 qui requièrent une attention particulière. Pour ces dernières, les domaines de l'électronique et des fonctions supports sont concernés au premier chef. Nous pointons celles qui, à notre avis, doivent être maintenues dans l'institut (M) et celles qui pourraient être partiellement ou totalement externalisées (E) c'est-à-dire prises en charge par d'autres instituts, de l'assistance technique ou de la sous-traitance.

Le cas de « l'Auditeur Qualité » donne l'opportunité de mettre le projecteur sur les spécialités autour de la qualité, qui sont presque toutes en difficultés. Le suivi rapproché du projet ESS, les interactions avec les ingénieurs sur plusieurs projets, le suivi du paysage industriel, ont mis en lumière le recul de la qualité des prestations dans de nombreuses entreprises spécialisées (PME notamment). C'est un point de vigilance qui doit nous encourager à redynamiser cette discipline. Nous devons en effet tisser des liens plus étroits avec des industriels, sous-traiter plus, et cela demande un suivi qualité rapproché. Cela ne peut se faire que si nous avons un nombre suffisant de personnes expérimentées et compétentes dans l'institut, complété par un volant proportionné d'assistance technique dans le domaine.

Les spécialités de support regroupent plus de 25 % du total mais seulement 8 % des effectifs. Ces nombres doivent attirer notre attention. Parmi elles, près de la moitié nécessitent au minimum de la vigilance. En général ces spécialités ne sont pas mentionnées dans les retours des responsables de projets-maîtres car ceux-ci font l'hypothèse implicite que « bien sûr » ces personnels seront disponibles. Or la plupart reposent sur un nombre limité d'agents. L'analyse du vieillissement des populations pour ces spécialités renforce donc les recommandations faites au chapitre précédent.



◀ Fig 4. Répartition des spécialités en fonction du taux de la population au-dessus d'un seuil (55, 57 et 60 ans). Il s'agit de tous les personnels titulaires ou en CDI pour toutes les tutelles. Cela ne concerne que les spécialités opérationnelles dont le niveau de secondarité est inférieur ou égal à 2 : voir discussion dans le document 2.

Fig 5. Spécialités dont le taux de départ à la retraite dans les 5 ans est très élevé. ▼

SPÉCIALITÉS	TAUX DE DÉPART	NOMBRE DE PERSONNES	ÉVOLUTION
Auditeur qualité	100 %	1	M
Réseaux industriels ou de terrain (Ethernet industriel, zigbee, Lora,...)	50 %	2	E
Détecteurs - technologies innovantes	38 %	13	M
Systèmes RF accélérateurs technologies supraconductrices	38 %	8	M
Architecte électrique	50 %	10	M
Câblage électronique	44 %	16	E
Packaging et micro câblage	33 %	3	M
Validation fonctionnelle électronique	33 %	21	M
Méthode de conception des systèmes électroniques	50 %	2	M
Fonctions analogiques - composants discrets : filtres actifs	67 %	6	?
Développement de système de mise en temps	33 %	3	?
Ingénierie mécanismes	42 %	12	M
Logistique	33 %	39	E
Gestion et administration des ressources documentaires	42 %	12	E
Conception et administration de bases de données documentaires	43 %	7	E
Gestion patrimoniale de l'information	50 %	2	E
Responsable Administratif de projet	50 %	4	E
Marchés publics	41 %	22	E
Montage administratif des projets	33 %	9	M

■ LES JEUNES DANS L'INSTITUT

Nous avons adopté l'âge pivot de 35 ans pour déterminer si une personne était jeune. Nous justifions ce choix par les raisons suivantes.

Lorsque leur parcours a été fluide, un technicien finit ses études à 18 ans, un assistant ingénieur vers 21 ans et un ingénieur à 23 ans. Le corps des IR recrute des agents ayant une thèse (fin des études à 26 ans) ou issus de grandes écoles d'ingénieurs françaises (fin des études à 23 ans).

Le taux de jeunes dans l'institut est de 13 %. Parmi ceux-ci, une forte proportion sont des CDDs. Pour plus de 40 % des spécialités, le taux de jeunes est inférieur à 5 % de l'effectif. C'est très peu pour un nombre élevé de spécialités. Parmi celles-ci, les 2/3 sont pourtant mentionnées comme nécessaires à la tenue des recommandations. Pour 1/6, il y a un contraste remarquable entre le peu de présence de jeunes agents et un besoin exprimé abondamment par les responsables de projets-maîtres pour la tenue des recommandations. En voici un échantillon :

ID - SPÉCIALITÉS
24 - Détecteurs - détecteurs semi-conducteurs
46 - Dispositifs de Vide
28 - Détecteurs - photo détecteurs
412 - Ingénierie mécatronique
68 - Ingénierie système RF et hyperfréquence
422 - Architecte mécanique & thermique
30 - Détecteurs - diagnostic faisceau
44 - Système lasers
480 - Métrologie et conformité
324 - Développement de systèmes temps réel

▲ Top 10 des spécialités pour lesquelles le taux d'agents de moins de 35 ans est inférieur à 5 % et qui sont requises par les recommandations et les projets-maîtres.

Certaines des spécialités ont de plus un faible effectif :

ID - SPÉCIALITÉS
854 - Responsable Assemblage, Intégration et Tests/ Vérification
152 - Méthode de conception des systèmes électroniques

154 - Développement de systèmes asservis
26 - Détecteurs - détecteurs cryogéniques
408 - Calculs et simulations mécanique
66 - Systèmes RF accélérateurs technologies supraconductrices
964 - Caractérisation des matériaux
702 - Responsable Qualité Intégration

▲ Spécialités avec peu de jeunes agents, dont l'effectif est faible, et qui de plus sont mentionnées souvent par les responsables de projets-maîtres d'enjeux majeurs.

Les spécialités de l'ingénierie mécatronique, des systèmes laser, de la conception des systèmes électroniques, de responsable qualité intégration combinent les deux caractéristiques. Elles sont pourvues d'un effectif très réduit d'agents pour des besoins exprimés dans plusieurs recommandations et avec de surcroît peu de jeunes agents.

Il n'y a pas de réponse unique sur la façon de traiter ces situations. Il faudra se poser pour chacune la question de s'appuyer sur des compétences externes (sous-traitance, assistance technique) ou internes (recrutements, formations, montée en compétences).

Il y a une catégorie de spécialités avec des effectifs importants mais pauvres en jeunes agents comme celles ci-dessous. Pour certaines, elles nécessitent de l'expérience (management, coordination...) et ce n'est donc pas alarmant. Il faudra pour autant se donner les moyens de détecter les jeunes qui ont du potentiel, les former et leur confier suffisamment tôt des responsabilités.

Pour d'autres, c'est la marque d'un manque de renouvellement lié peut-être au sentiment que les besoins actuels sont remplis et que l'urgence de recrutement est ailleurs.

810 - Budgets - Programmations
852 - Coordinateur Technique plateforme instrumentale
106 - Microélectronique analogique (général)
880 - Management d'équipe
46 - Dispositifs de Vide

▲ Spécialités avec peu de jeunes agents, dont l'effectif est important.

Enfin, il y a aussi des endroits où le taux de « jeunes agents » est supérieur à 50 %. Cette catégorie comprend au moins 12 spécialités qui sont systématiquement mentionnées plusieurs fois comme nécessaires à la tenue des recommandations (l'ordre du tableau reflète leur popularité). Certaines sont émergentes (« Logiciels ML-IA ») mais la plupart sont classiques. Le « développement de calcul hardware » par exemple est mentionnée de nombreuses fois.

340 - Développement de calcul hardware
420 - Ingénierie thermique
342 - Logiciels ML-IA
482 - Assemblage, Intégration, Validation et Tests - Mécanique
72 - Dispositifs électromagnétiques
614 - Salles blanches
42 - Système Optique
80 - Cibles
180 - Électronique de Puissance
966 - Élaboration des matériaux
114 - Layout de circuits microélectroniques
644 - Radioprotection sur accélérateur

▲ Spécialités avec une forte proportion de jeunes agents

L'analyse des données montre par ailleurs des effectifs encore faibles sur ces spécialités, en comparaison avec les besoins exprimés par les physiciens. Nous avons souligné dans le tableau ci-dessus celles qui n'ont que 1 ou 2 agents et qui sont très demandées. Il y a un différentiel très important entre l'effectif actuel et la demande pour ces spécialités. Un effort très significatif de formation, de recrutement, d'apprentissage, de réseautage sera à mener dans ces domaines

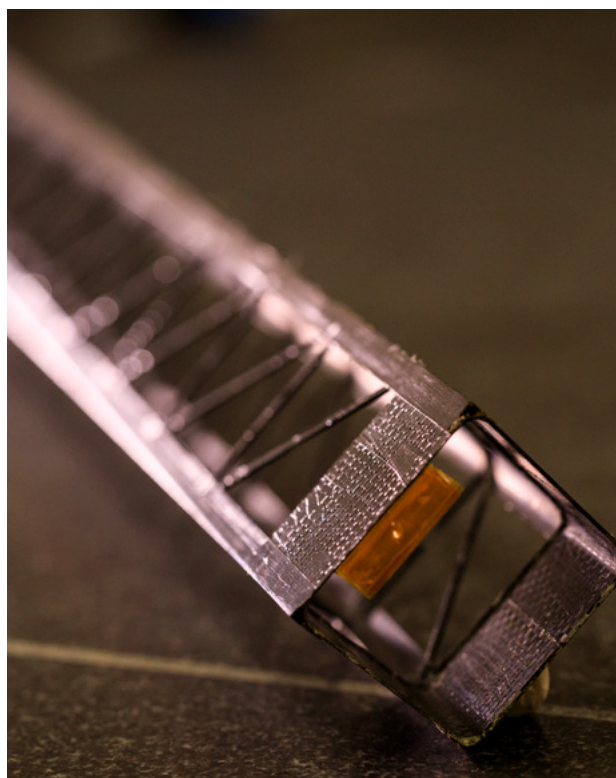
Structure en fibre de carbone utilisée pour le trajectographe ITk (Inner Tracker detector) pixels d'ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus).
© Camille Moirenc ►

ANALYSE PAR TUTELLES

Nous avons analysé la répartition des spécialités par tutelles dans le but de savoir si certaines spécialités étaient portées en grande majorité par des personnels n'étant pas employés par le CNRS. Une telle situation induirait en effet un risque pour la maîtrise et la pérennité des compétences associées.

Les personnels appartenant à d'autres organismes que l'IN2P3 (~15 %) sont pour la moitié en CDI, la plupart du CEA au GANIL. Ils peuvent aussi être en CDD, en détachement ou MAD.

Les spécialités portées par les autres organismes sont distribuées sur l'ensemble du référentiel sans une répartition particulièrement remarquable. Les seuls points à relever sont que les personnes en détachement sont issues majoritairement de la BAP G et que la spécialité « 90 - Régleur accélérateur ou instrument » est majoritairement portée par le personnel du CEA, pour des raisons historiques et probablement aussi car les conditions nécessaires pour faire fonctionner les machines en continu s'avèrent aujourd'hui mieux adaptées avec des personnels issus de cet organisme.



■ CONSERVATION ET ÉVOLUTION DES SAVOIR-FAIRE – TAUX DE NON PERMANENTS

L'IN2P3 est un institut qui a traditionnellement peu de CDDs. Le taux moyen actuel est inférieur à 10%. Plusieurs raisons contribuent à cet état, parmi elles : la nécessité de limiter les CDDs aux activités de construction, par exemple au CERN, pour les projets financés dans le cadre des infrastructures de recherche (corps des AI et des T), la volonté que les compétences reposent principalement sur des permanents pour garantir la pérennité des savoirs et le volume limité de financement de CDD.

La figure 6 témoigne que la situation est saine hormis 2 points de vigilance : le câblage électronique ou le taux de CDD est élevé avec des effectifs de permanents assez réduits et avec de nombreux départs à la retraite dans les 5 ans, l'ingénierie algorithmique qui concerne des BAP-E et pour laquelle on peut estimer que de nombreux chercheurs l'exercent mais que le besoin reste élevé et n'est pas assez couvert par des permanents. Certaines de ces 8 spécialités ont des effectifs très réduits.

La conjonction actuelle de réduction des embauches et de difficulté grandissante à attirer de jeunes candidats pour les recruter au CNRS conduit à éloigner de plus en plus les laboratoires des circuits de formation d'excellence. Ces formations sont elles-mêmes plus fortement qu'hier tournées vers les industriels, les start-ups, le secteur privé en général. Le danger est grand d'un déclasserement technologique par rapport à nos concurrents et partenaires internationaux qui ont une approche très

différente de la nôtre et des liens souvent très étroits avec l'industrie.

Le tableau (fig 7) suivant montre les spécialités pour lesquelles le taux de CDD est plus élevé que la moyenne dans l'institut (entre 10 et 20 %). Nous avons sélectionné celles pour lesquelles de nombreux besoins sont recensés par les responsables de projets-maîtres ou les experts. Il est intéressant de constater que pour beaucoup d'entre elles, par exemple la commande et contrôle, ont des effectifs très élevés.

Pour répondre à ces besoins, il serait possible d'augmenter le taux de CDD sans pour autant mettre en danger la maîtrise des compétences par l'institut. Il ne faudra pas non plus négliger la possibilité de développer de nouveaux modes de fonctionnement avec plus d'assistance technique et de sous-traitance.

Aussi, nous avons la conviction qu'il est important de faire évoluer la politique de l'institut vis-à-vis des CDDs. Le CNRS a une image qui reste forte et vendeuse et nombreux sont les jeunes qui sont friands d'y travailler un temps. Parmi ceux-ci, beaucoup peuvent apprécier nos modes de travail, et le sens que revêtent nos projets.

Nous recommandons dans cette optique d'avoir un vivier de 20 % en moyenne de CDDs tous corps confondus. Ceci permettrait d'augmenter le niveau de nos recrutements et d'avoir une meilleure ouverture aux nouvelles technologies. Avec ce doublement de capacité, ce ne serait pas moins de 120 ITs supplémentaires en flux dont nous disposerions pour nos projets. Cette action devra être complétée au cas par cas d'un volant

SPÉCIALITÉS	TAUX DE CDD	NOMBRE DE PERMANENTS	TAUX SÉNIORITÉ
196 - Câblage électronique	20 %	16	44 %
322 - Ingénierie logicielle	20 %	77	14 %
346 - Calcul scientifique offline	20 %	61	15 %
348 - Ingénierie algorithmique	26 %	17	18 %
420 - Ingénierie thermique	20 %	8	12 %
626 - Ingénieur environnement INB	50 %	1	0 %
770 - Communication - graphique & print	29 %	5	0 %
774 - Techniques de l'image et du son - Audiovisuel, multimédia - Gestion d'une médiathèque	33 %	2	0 %

▲ Fig. 6. 8 spécialités pour lesquelles on a 20 % ou plus de CDDs. Le taux de seniorité indique la proportion d'agents dont l'âge est supérieur à 57 ans.

accru d'assistance technique et de sous-traitance pour absorber les pics de charge.

Les CDDs pourraient être financés sur les nouveaux guichets financiers (ANR, ERC...) en veillant à ce qu'une fraction de financement y soit incluse systématiquement. Ils pourraient l'être aussi, tout comme l'assistance technique et la sous-traitance, pour les projets relevant des très grandes infrastructures de recherche (IR*) quand la nature des financements le permet. Une communication institutionnelle forte auprès des formations

permettra aussi d'avoir accès aux réservoirs de recrutement des meilleurs (école d'ingénieurs...).

Mentionnons que le décret n° 2021-1449 publié très récemment au journal officiel de la république française, et relatif aux contrats de mission scientifique, permettra de recruter, sur financements externes, des agents en contrat à durée déterminée sur toute la durée d'un projet ou d'une opération de recherche.

SPÉCIALITÉS	TAUX DE CDD	NOMBRE DE PERMANENTS	POPULARITÉ BESOINS
44 - Système lasers	11 %	8	4
82 - Sources	11 %	24	6
156 - Contrôle et commande	12 %	51	9
190 - Assemblage, Intégration, Validation et Tests - Électrique	12 %	30	4
342 - Logiciels ML-IA	15 %	11	5
412 - Ingénierie mécatronique	11 %	8	5
482 - Assemblage, Intégration, Validation et Tests - Mécanique	17 %	39	5
854 - Responsable Assemblage, Intégration et Tests/Vérification	12 %	22	3

▲ Fig 7. Spécialités avec plus de CDD que la moyenne et avec des besoins identifiés

■ SPÉCIALITÉS PEU MAÎTRISÉES

On s'intéresse ici aux spécialités qui sont évoquées de façon très secondaires par les agents. Elles rassemblent des compétences qui sont utilisées de façon anecdotiques et occasionnelles. Peu d'agents voire aucun en font leur activité principale. Existe-t-il des spécialités pour lesquelles aucune déclaration n'a été faite et qui néanmoins sont demandées ? Il semble que oui :

ID - SPÉCIALITÉS
700 - Ingénieur qualité logicielle
704 - Ingénieur qualité en maîtrise d'œuvre (MOE)

▲ Spécialités non utilisées

Il est symptomatique de constater que ces deux spécialités sont, là encore, affiliées au domaine de la qualité, ce qui renforce le point soulevé dans le chapitre sur le renouvellement des populations.

Les besoins de formation, de montée en compétence sur la qualité logicielle est un des points qui a nettement été pointé par le GT09 lors des prospectives de physique de l'institut : « *Establish common quality standards at IN2P3 accompanied by reference documents, examples, practical recommendations, guidelines and state of the art good practices* ». Plus précisément les directives FAIR insistent sur l'exigence de concevoir et maintenir des logiciels de bonne qualité, documentés, portables et capables d'être maintenus plus de 10 ans.

Quant à la spécialité « qualité en maîtrise d'œuvre », on pourra faire appel à de l'assistance technique moyennant la présence d'un ingénieur permanent expérimenté dans le domaine pour le laboratoire concerné.

Parmi toutes les déclarations, certaines spécialités sont presque systématiquement citées de façon secondaire et à des rangs très élevés. Si comme nous l'expliquons dans le volume 2 on ne choisissait *in fine* de ne caractériser un agent que par 3 spécialités, elles seraient

pratiquement absentes des compétences de l'institut. Dans cette liste (fig 8.), un rang moyen de 4 à 5 concerne 8 spécialités.

Or des besoins non négligeables sur celles-ci sont exprimés par des projets comme AGATA, CMS, CTA ou encore LISA. Si l'on prend maintenant un rang moyen compris entre 3 et 5, ce sont 28 spécialités (18 %) déclarées par environ 400 agents qui sont concernées.

Fig 8. Spécialités évoquées très secondairement (rang moyen entre 4 et 5). Le nombre total est donné (colonne de gauche) ainsi que le nombre de personnes qui les citent comme leurs spécialités les plus importantes (P à S2 pour principale à 2^{ème} niveau de secondarité). ►

ID - SPÉCIALITÉS	NB TOTAL	NB (P À S2)
140 - Développement de fonctions de quantification	2	0
142 - Développement de protocole	8	2
146 - Développement de système de mise en temps	8	3
198 - Conditionnement des substrats	4	1
484 - Mesures et contrôle résistance des matériaux	1	0
490 - Fluidique et pneumatique	3	0
706 - Auditeur qualité	2	1
856 - Assistant projet ou Contrôleur projet	4	0

■ RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

La pérennité d'une spécialité, la transmission des savoirs associés, le développement des compétences sont très différents selon que plusieurs individus l'exerçant se côtoient ou non chaque jour, et travaillent ensemble. Dans certaines spécialités, ces freins ont moins d'impact et la distance peut être dans une certaine mesure abolie par les moyens de communication dont nous disposons. La dispersion géographique des personnes est donc un indicateur de la vivacité faible ou forte d'une spécialité.

► Les spécialités les plus concentrées sont celles auxquelles nous nous attendions.

De façon générale c'est dans les spécialités proches des accélérateurs que cette caractéristique est la plus élevée. Les accélérateurs demandent des équipes importantes et concentrées et c'est ce qu'on observe sur 4 à 5 laboratoires en pointe dans ce domaine (GANIL, IJCLab, LPSC...). De surcroît, certaines connaissances sont l'apanage du seul GANIL : « ingénieur sûreté INB », « actionneurs électromagnétiques », « dispositifs de sécurité ». Pour les deux derniers, c'est le domaine de l'électrotechnique qui est concerné.

De la même façon, les spécialités liées à la chimie et la radiochimie sont concentrées sur quelques laboratoires

spécialisés où la physique dans ce domaine est très vivace (IPHC, Subatech...).

► À l'autre bout de cette distribution les spécialités les plus dispersées doivent faire l'objet d'actions spécifiques.

On trouve deux types de populations de spécialités :

- Des spécialités pour lesquelles il n'y a aucun agent l'exerçant de façon réellement opérationnelle. Certaines sont liées au pilotage des projets : « ingénieur qualité MOE », « ingénieur qualité logicielle », « assistance de projet ». Dans ce cas, une orientation consistera à s'appuyer sur de l'assistance technique via des marchés nationaux mis en place par le CNRS (domaine de la qualité et de l'assurance produit), ou via des entreprises spécialisées. Cependant, cela ne peut se faire que si nous avons des personnels permanents avec les compétences nécessaires pour les encadrer. C'est justement un point de vigilance pour le domaine de la qualité qui nous semble en danger. Nos spécialistes y sont peu nombreux, dispersés et plutôt âgés. Il y aurait un effort certain de recrutement à mener dans ce domaine à moyen terme. Certaines autres sont très pointues techniquement : « fluidique et pneumatique », « mesure et contrôle de résistance des matériaux ». Pour celles-ci,

il faudra sans doute s'appuyer sur des entreprises spécialisées, ce qui implique d'effectuer un travail de recensement et d'évaluation de ces dernières et de pouvoir partager cette connaissance entre laboratoires.

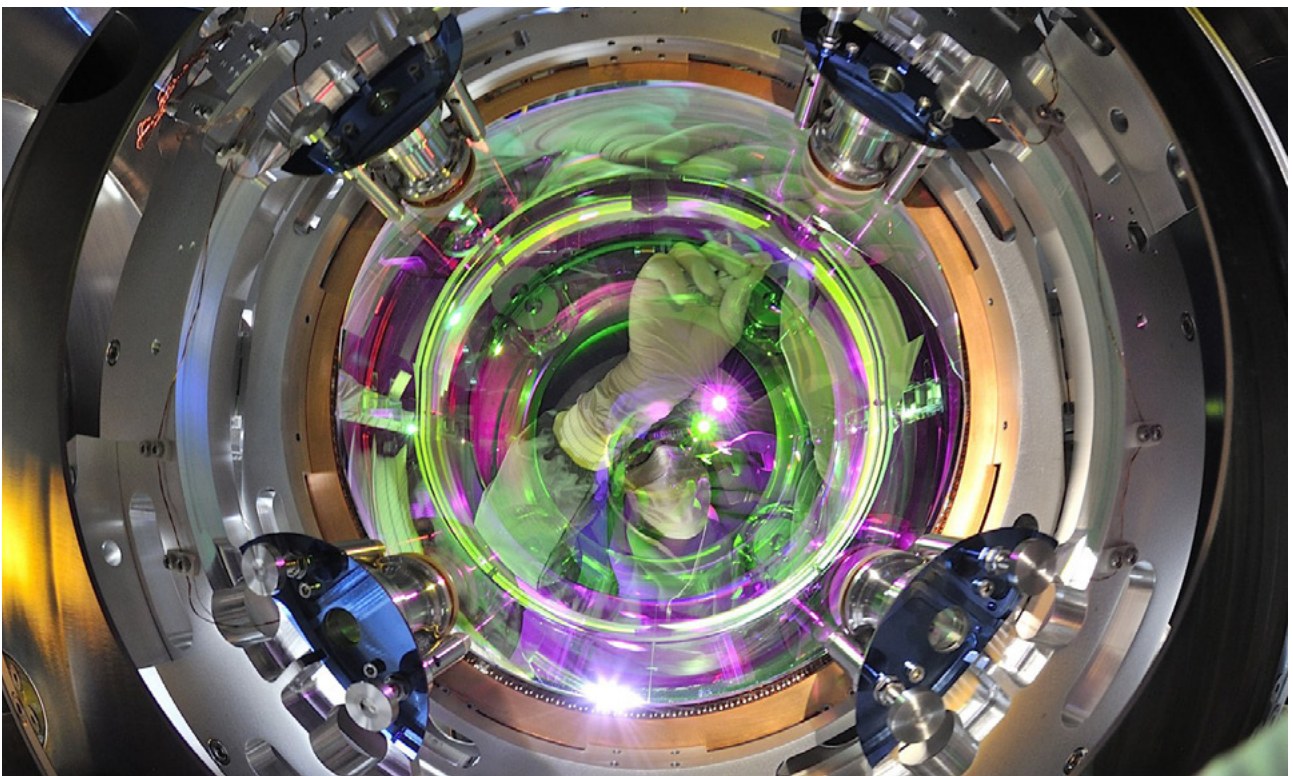
- Des spécialités pour lesquelles nous avons de petits groupes de 5 à 15 personnes, plutôt dispersées, qui assurent des fonctions de nature à la fois transverses et locales : domaine de la « communication », « gestion des outils CAO » ...

Ces spécialités sont déjà pour certaines organisées en réseaux et elles ont des fonctions organiques : réseau des correspondants communication, réseau des bibliothécaires, CAO... Nous pensons donc qu'il faut renforcer la part institutionnelle de leurs activités et s'appuyer plus fortement sur eux. Compte tenu de leur nature, il sera important de garder dans chaque laboratoire au moins un permanent avec ces profils de compétences et nous recommandons les recrutements associés.

En synthèse sur cet indicateur trois axes d'action se dégagent :

- Systématiser le recours à l'assistance technique dans certaines spécialités autour de la gestion de projet, à la condition d'avoir au moins un permanent qualité dans chaque laboratoire
- Mettre en œuvre de façon concertée entre laboratoires un recensement d'entreprises spécialisées dans des domaines techniques pointus, avec lesquelles nous pourrions travailler plus étroitement
- Renforcer le rôle institutionnel des réseaux dans les domaines qui mettent en œuvre des actions à la fois transverses et locales.

Un des miroirs suspendus du détecteur d'ondes gravitationnelles Virgo.
© Maurizio Perciballi/EGO. ▼



TECHNICIENS DE BAP C

La distribution des âges est plus favorable pour la BAP C que pour l'ensemble des BAP comme le montrent les figures suivantes. Le faible taux de jeunes pour les T et AI est plus préoccupant que pour les IE et IR, car ils sont embauchés plus jeunes (donc peuvent partir plus tôt à la retraite) et sont aussi susceptibles de changer de corps. Nous devons donc nous attendre à une diminution du nombre de T dans les 5 ans à venir. (fig 9.).

Le tableau en annexe (fig 10., page 29) montre les 30 spécialités impliquant les techniciens dans la BAP C.

- 4 d'entre elles n'appartiennent pas aux métiers de la BAP C.
- 12 relèvent d'un corps supérieur, et ce y compris pour des spécialités principales.
- 4 spécialités n'ont qu'un technicien et seront dépeuplées à brève échéance. Par exemple, pour le packaging et le microcâblage, il n'y a qu'un technicien en spécialité principale qui part dans moins de 5 ans.

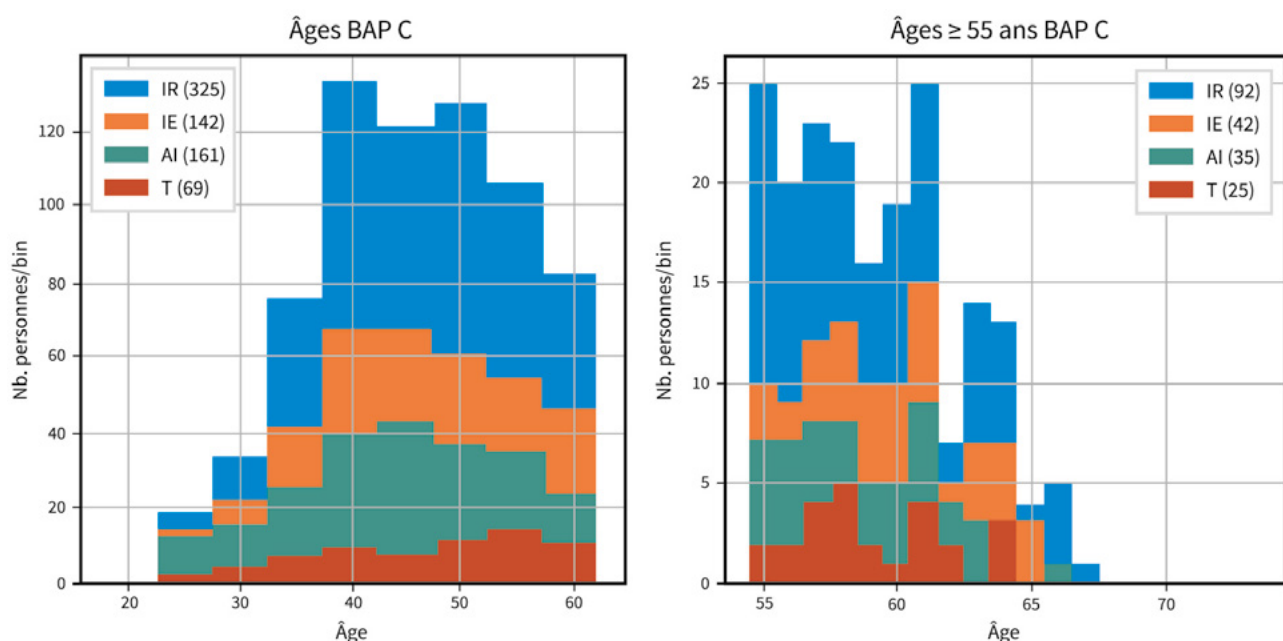
De façon surprenante, dans une spécialité pour laquelle on attendrait plus de techniciens comme en fabrication-montage, ils représentent environ un tiers des effectifs. Cela traduit sans doute une combinaison de la montée en technicité de la spécialité et l'effet des promotions. La population de techniciens dans des spécialités peuplées majoritairement par des corps supérieurs donne sans doute une indication du taux de dépeuplement en techniciens par promotion. Même à supposer que les personnes en question restent dans leur spécialité, la nature de leur travail évolue. Elle se prête sans doute plus à l'encadrement de stagiaires, d'apprentis, ou de personnes externes.

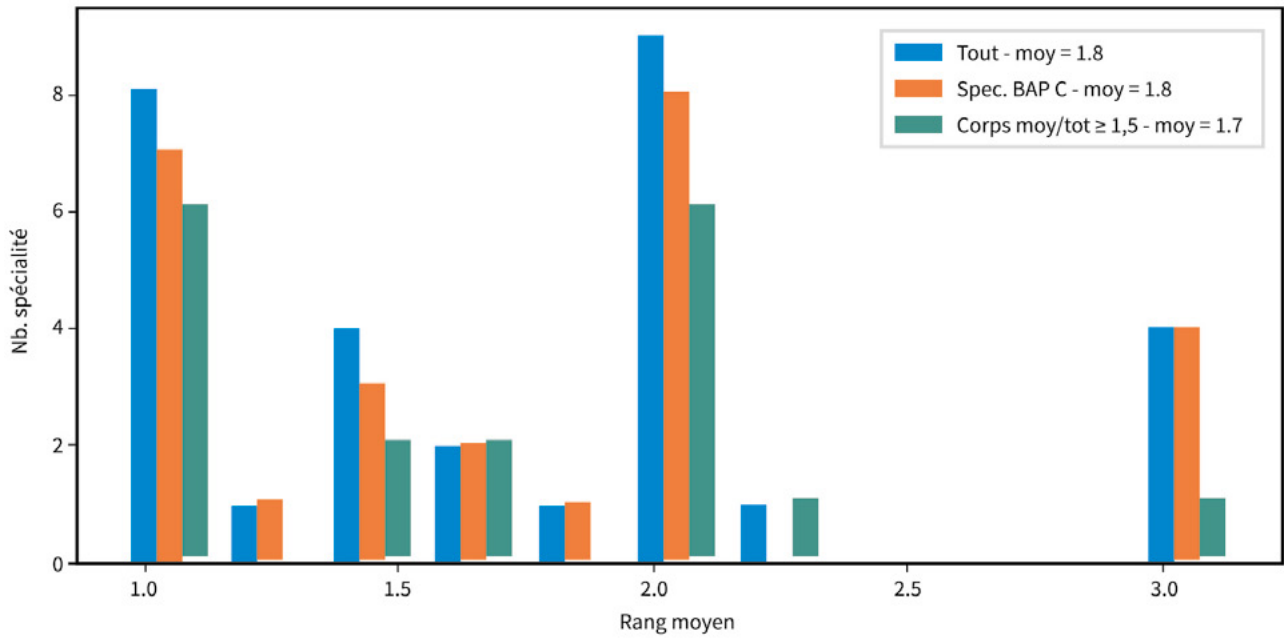
Ce tableau montre aussi une dispersion pour certaines spécialités, comme l'usinage. Cela correspond sans doute à un besoin de proximité, tout comme le câblage électronique. Mais le nombre de laboratoires concernés est respectivement de 11 et 5. Il y a donc une certaine concentration qui se réalise. Reste à savoir s'il y a une compensation par les autres corps (de AI à IR), ou s'il y a externalisation. Il n'y a pas de compensation par CDD car il y en a 2 en BAP C pour tout l'IN2P3.

La distribution des rangs moyens montre que presque un tiers des spécialités a un rang moyen de 1, c'est-à-dire qu'il s'agit de spécialités principales avant tout. La principale contribution à la dispersion de cette distribution est l'appartenance à une spécialité dominée par les autres corps (fig. 11).

Les techniciens sont donc impliqués dans leurs spécialités comme en témoigne les valeurs des rangs moyens. Les valeurs de corps moyen témoignent sans doute d'une montée en compétence. Au moins à court terme, cette montée en compétence et en expérience professionnelle pourrait être une source d'encadrement d'extérieurs (formation ou entreprises externes) par des techniciens expérimentés ou promus assistants ingénieur. Il faudrait alors compenser le temps d'encadrement et préparer les personnes concernées à l'encadrement. Le recours aux stagiaires, à l'alternance ou aux CDD devrait aussi créer un vivier de sélection par forte rotation.

Fig 9. Distribution des âges par grades pour la BAP C (mêmes conventions que figures précédentes). Inclut toutes les tutelles et tous les statuts. ▼





▲ **Fig 11.** Distribution des rangs moyens selon différentes sélections (données de la table précédente). Pour mémoire, le rang moyen correspond au niveau de secondarité de déclaration de la spécialité : un rang de 1 correspond à une spécialité principale. Les barres des différents histogrammes sont décalées, juxtaposées et décalées légèrement en ordonnée pour plus de visibilité. Les sélections correspondent aux distinctions faites sur la table précédente, c'est-à-dire une fois enlevé les spécialités non typiques de BAP C ou à dominante IR et IE (un corps moyen de 2 correspond à AI).

Salle informatique du CPPM.
© Camille Moirenc ▼



ANNEXES

■ FIGURE 10 : TABLE DES SPÉCIALITÉS OÙ INTERVIENNENT LES TECHNICIENS DE BAP C

Les CDD ne sont pas comptés. Les indicateurs sont calculés sur les rangs 1 à 3, sauf la dernière colonne qui indique le nombre total de personnes, toutes BAP et corps confondus. En italique les spécialités pour lesquelles 33 % des agents ont 57 ans et plus. En gris foncé les spécialités où le corps moyen est < 1,5. En orange les spécialités qui ne relèvent pas de la BAP C. Un rang moyen de 1 correspond à une spécialité principale. ▼

INTITULÉ	NB PERS. OP.	MAX AGENT LAB	NB LABS	RANG MOY.	NB PERS. OP. TOT
Fabrication - Montages	22	5	9	2	67
Fabrication - Usinages	19	3	11	1,05	46
Assemblage, Intégration, Validation et Tests - Mécanique	14	10	3	2,14	39
Fabrication - Prototypage rapide, fabrication additive	9	5	5	1,78	24
<i>Dispositifs de Vide</i>	9	4	5	1,78	49
Fabrication - Chaudronnerie, soudure	9	2	6	1,44	14
<i>Assemblage, Intégration, Validation et Tests - Électrique</i>	8	2	6	2	30
Exploitation accélérateurs	7	7	1	1,86	34
<i>Câblage électronique</i>	7	2	5	1,14	16
<i>Raccordements Électriques et Câbles</i>	6	2	4	2	14
Régleur accélérateur ou instrument	5	4	2	1	36
<i>Ingénierie mécanique</i>	5	1	5	1,4	95
Travaux immobiliers - maintenance de locaux tertiaires	3	2	2	2,33	13
<i>Conception de cartes électronique - CAO</i>	3	1	3	1,33	41
Salles blanches	2	2	1	1,5	8
Mesures physiques	2	1	2	1,5	48
Logistique	2	1	2	1	39
Dispositifs Cryogéniques	2	1	2	2	21
Contrôle et commande	1	1	1	3	51
Sources	1	1	1	1	24
Automaticien	1	1	1	3	22
Détecteurs - détecteurs semi conducteurs	1	1	1	1	17
<i>Détecteurs - photodétecteurs</i>	1	1	1	2	15
<i>Détecteurs - détecteurs gazeux</i>	1	1	1	2	14
Actionneurs Electromécaniques	1	1	1	1	14
Travaux immobiliers - installation et maintenance de locaux expérimentaux	1	1	1	2	14
Métrologie et conformité	1	1	1	3	13
<i>Gestion des outils CAO</i>	1	1	1	2	11
Fabrication - Montages - Composites et hybrides	1	1	1	3	7
<i>Packaging et microcâblage</i>	1	1	1	1	3

GLOSSAIRE

AAP : Appel à projets

AI : Assistant ingénieur

ANF : Action nationale de formation

ANR : Agence nationale de la recherche

AP : Assistant de prévention

ASN : Autorité de sûreté nucléaire

ATLAS : A Toroidal LHC ApparatuS (voir atlas.cern)

BAP : Branche d'activité professionnelle (voir Referens III). Voir la définition des différentes BAP (C/E/F/G/J) sur le portail des métiers du CNRS (<https://metiersit.dsi.cnrs.fr/>)

CCTP : Cahier des clauses techniques particulières

CDD : Contrat à durée déterminée

CDI : Contrat à durée indéterminée

CdM : Chargé de mission

CdS : Chef de service

CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

CERN : Organisation européenne pour la recherche nucléaire

CoCom : Réseau des professionnels de la communication de l'IN2P3

COFO : COrrispondant FOrmation

CS : Conseil scientifique

DA: Directeur administratif

DAS : Directeur adjoint scientifique de l'IN2P3

DAT: Directeur adjoint technique de l'IN2P3

DEMOCRITE: Réseau des professionnels de l'information scientifique et technique (IST) de l'IN2P3

DPD : Délégué à la protection des données

DT : Directeur technique

DU : Directeur d'unité

DUNE : Deep Underground Neutrino Experiment

EAOM : Entretien annuel objectifs moyens

ECFA : European Committee for Future Accelerators

ERC : European Research Council

ETI : Établissement de taille intermédiaire

ETP : Équivalent temps plein

FP : Formation permanente

GDR : Groupement de recherche

GED : Gestion électronique de documents

GIE : Groupement d'intérêt économique

GPEC : Gestion prévisionnelle de l'emploi et des compétences

GT : Groupe de travail

KT : Knowledge Transfer

IN2P3 : Institut national de physique nucléaire et physique des particules

IE : Ingénieur d'études

INB : Installation nucléaire de base

IR : Infrastructure de recherche ou ingénieur de recherche

IR* : infrastructure de recherche majeure (anciennement TGIR)

ITA : Ingénieurs, techniciens, administratifs

KDP : Key Decision Point

LINAC : LINear ACcelerator

MAD : Mise à disposition

MaFo : Masterprojet à enjeu MAJeur et engagement FORT

MaLi : Masterprojet à enjeu MAJeur et engagement Llimité

MoFo : Masterprojet à enjeu MODéré et engagement FORT

MoLi : Masterprojet à enjeu MODéré et engagement Llimité

MP : Master projet de l'IN2P3

NSIP : Nouveau système d'information projets

PCR : Personne compétente en radioprotection

PECTIN : Prospectives emplois et compétences techniques à l'IN2P3

PFU : Plan de formation de l'unité

PME : Petite et moyenne entreprise

RA : Responsable administratif

RGPD : Règlement général sur la protection des données

RI : Réseau instrumental de l'IN2P3

RT : Responsable technique

R&D : Recherche et développement

R&T : Recherche et technologie

SFIP : Service formation et itinéraires professionnels du CNRS

T : Technicien de la recherche

TEAMLAB : Réseau management de l'IN2P3

TBC/TBD : To Be Confirmed / To Be Defined

UMR : Unité mixte de recherche

■ RÉFÉRENCES

[1] Site web des prospectives :

<https://prospectives2021.in2p3.fr/>

[2] Rapports des groupes de travail :

<https://prospectives2021.in2p3.fr/> et présentations au colloque de restitution des prospectives de l'IN2P3, Giens : <https://indico.in2p3.fr/event/22028>

[3] Les prospectives techniques de l'IN2P3 - description de la méthode <https://prospectives2021.in2p3.fr/>

[4] Les prospectives techniques de l'IN2P3 - référentiel des spécialités <https://prospectives2021.in2p3.fr/>

[5] Bilan social IN2P3 dans la présentation au colloque de restitution des prospectives de l'IN2P3, Giens, Oct. 2021 : <https://indico.in2p3.fr/event/22028/contributions/98812/>

[6] Présentation de PECTIN aux RT/DT, RA, CdS et RI, 9 mars 2021, <https://indico.in2p3.fr/event/23491/>

[7] ECFA: <https://indico.cern.ch/category/693/>; detector R&D Roadmap <https://indico.cern.ch/event/957057/>

Directeur de la publication : Reynald Pain

Directeurs éditorial : Rodolphe Clédassou, Rémi Cornat

Responsable de la publication: Emmanuel Jullien

Graphisme et mise en page : Clara Hinoveanu

Image de couverture : Vue du détecteur CMS ouvert à l'occasion d'une maintenance pendant un arrêt prolongé de l'accélérateur LHC. © Patrick Dumas/CNRS/Photothèque IN2P3

Page 4 : Faisceau de câbles de l'expérience SuperNEMO au laboratoire souterrain de Modane

© Patrick Dumas/CNRS

Page 8 : Télescope H.E.S.S II © H.E.S.S Collaboration

Page 12 : LINAC (LINear ACcelerator) de SPIRAL2 © Philippe STROPPIA/CEA/CNRS

Imprimé par CNRS IFSEM secteur de l'imprimé

**INSTITUT NATIONAL
DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ET DE PHYSIQUE DES PARTICULES**

3, rue Michel-Ange
75016 Paris
+33 (0)1 44 96 40 00

www.in2p3.cnrs.fr

