
Hubert Doubre

Les évolutions à dix ans des
moyens de l'IN2P3 en
personnels techniques
et administratifs :
éléments de réflexion

OCTOBRE 1995

RECOMMANDATIONS

Depuis la création de l'IN2P3, ses laboratoires ont disposé d'un personnel technique numériquement et techniquement adéquat aux tâches qu'il menait.

Dans les dix années à venir, et dans des domaines cruciaux - électronique et instrumentation - le départ en retraite d'ingénieurs de haut niveau - "irremplaçables" au sens où leur qualification, leur expérience sont uniques dans leur laboratoire ou même dans l'Institut - risque d'affaiblir dramatiquement celui-ci (la disparition sur cette période de la moitié des ingénieurs capables de construire un accélérateur est significative). En outre, les tâches demandées, les techniques employées, ont considérablement changé. Face à ces évolutions, adapter et préserver les compétences des personnels de l'Institut est impératif.

Comment l'IN2P3 peut-il garder l'essentiel de ses moyens, et ses physiciens leur place dans la recherche internationale ? Ce document, qui présente une revue et une évaluation de la situation actuelle des personnels ITA et TPN de l'IN2P3, souhaite répondre à ces questions et avance les propositions suivantes pour des dix années à venir :

- Maintenir l'IN2P3, dans les domaines (conception) indispensables à la conduite de nos programmes, au plus amont (en tête) de tout projet en accroissant constamment le niveau technique des personnels par des embauches ciblées à haut niveau et en intensifiant le programme de formation des personnels.*

- *Poursuivre l'équipement des laboratoires, accompagner sans retard les mutations techniques, continuer à distribuer et coordonner les tâches sur tous les laboratoires de l'Institut, pour accroître les échanges et la dynamique du travail.*

- *Obtenir les moyens nécessités par la sous-traitance des projets conçus dans nos laboratoires, mais que l'Institut aura choisi de renoncer à réaliser.*

- *Simplifier, rendre moins répétitives et moins passives les tâches administratives grâce à la mise en réseau de l'informatique.*

- *Déterminer avec soin si des regroupements de compétence peuvent permettre d'être plus efficace.*

Ce qui précède suppose une programmation pluriannuelle des embauches, étroitement coordonnée aux départs en retraite ; une formation réellement permanente, une participation active des ITA à ses programmes (aussi bien en pédagogues qu'en auditeurs), dont ils attendront un retour sur le déroulement de leur carrière. L'appréciation de leurs travaux et de leur investissement dans le laboratoire (ou le projet) devra donc être réalisée avec un soin toujours plus grand. Enfin ces recommandations supposent un investissement technique continu et hardi, comme ce fut le cas lors de l'introduction de la CAO à l'IN2P3.

INTRODUCTION

Au moment où le CNRS s'interroge sur ses structures, recherche une organisation renforçant sa politique scientifique (mission Charvolin), et évalue son potentiel technique (mission Costes), le Directeur de l'IN2P3 a souhaité participer à cette réflexion et a demandé à l'auteur de ce rapport, une étude de l'évolution des moyens en personnels techniques et administratifs propres à l'Institut.

Au sein du CNRS, l'IN2P3 occupe une position de Département scientifique et de Délégation régionale ; il gère donc les personnels administratifs et techniques (ITA et TPN) de ses laboratoires, et de quelques autres (par exemple 56 TPN au LURE). Cette situation repose, pour les ITA, sur une délégation du Directeur Général du CNRS au Directeur de l'Institut, et pour les TPN, sur le décret 85-1462 du 30/12/1985.

Les activités techniques de la discipline ont une spécificité aiguë (qui conduisit à la création de l'Institut) ; l'évolution récente, les tâches présentes et à venir confrontent, dans de grandes collaborations internationales, les chercheurs et personnels de l'IN2P3 à des défis techniques d'envergure. Ceux-ci ont conduit à la nomination, auprès du Directeur de l'Institut, d'un Directeur adjoint technique. Pour y répondre, l'IN2P3 investit chaque année plusieurs dizaines de MF en équipements technologiques dans ses laboratoires (17,5 MF pour la seule informatique en 1994).

Ces défis sont prévus dans le Schéma stratégique du CNRS, et dans le Plan d'action 1994-1996 de l'IN2P3. L'un d'eux résulte de la récente décision de construction du LHC au CERN, qui implique pour la France une contribution supplémentaire ; celle-ci pèsera lourdement et pour plusieurs années sur le potentiel technique de l'Institut.

La nécessité d'une telle réflexion est d'autant plus forte que l'Institut a connu récemment des difficultés conjoncturelles : gel d'un poste d'ITA sur deux au recrutement, non-transformation des postes TPN vacants en postes ITA. Ces à-coups ont été vivement ressentis, alors qu'une politique de programmation des recrutements se mettait en place (et est ainsi devenue inopérante) ; à ces difficultés se sont ajoutées les recommandations de la politique de décentralisation mise en place par les CIAT. Il est absolument impératif de pouvoir travailler à long terme. Ce rapport examine les évolutions des tâches techniques et administratives à l'IN2P3, et propose des directions d'action.

Sauf mention particulière, l'enquête sur l'existant, c'est-à-dire l'appréciation des moyens techniques à l'IN2P3, a été limitée aux seuls laboratoires de l'IN2P3, et les personnels du Siège n'ont donc pas été pris en compte.

Enfin, je souhaite remercier François Dupont et François Gautron pour les idées et l'aide qu'ils m'ont apportées, et aussi les collègues que j'ai consultés. Mais les quelques idées avancées n'engagent que moi... Je remercie également Elisabeth Seibert, Nadia Er Rajfi et Laurent Silvera pour leur contribution à la présentation de ce rapport.

L'IN2P3 DANS LE CNRS

SPÉCIFICITÉS DES TÂCHES À L'IN2P3

Les travaux d'environ 800 chercheurs et enseignants-chercheurs (2/3 du potentiel français) en physique nucléaire et en physique des particules sont gérés et coordonnés par l'IN2P3. La tendance marquante des dernières années a été une *très forte concentration*, qui apparaît dans :

- le petit nombre de laboratoires
- l'implication des chercheurs dans un nombre limité d'expériences, réalisées au moyen de détecteurs dont les délais de construction, puis le temps d'expérimentation, est maintenant de l'ordre de la dizaine d'années.
- la diminution numérique du parc national d'accélérateurs.

Le gigantisme des projets et des réalisations s'accompagne nécessairement de collaborations/confrontations au sein de la communauté internationale, et les jugements portés sur notre communauté dépendent largement de ses performances techniques. La structure de l'Institut, gérant ses personnels et ses moyens, offre une réponse adaptée à l'organisation de travaux de cette taille, dans ce cadre, et sur de telles durées.

Les conséquences techniques de ce qui précède sont les suivantes :

- l'analyse d'un volume constamment croissant de données s'appuie sur un centre dédié (CC-IN2P3) de ressources informatiques (accès aux données, télécommunications, analyse et simulations, calcul) ouvert en permanence vers les chercheurs.
- la conception d'éléments d'un détecteur destinés à s'imbriquer dans d'autres éléments réalisés à des milliers de kilomètres de là, leur multiplication et leur croissante complexité, enfin leurs conditions d'emploi ne se contentent plus de personnel expérimenté ; elles reposent entièrement sur la conception assistée par ordinateur (CAO) et le calcul à l'avance des réponses de matériaux fournis par la technologie la plus avancée. Elles sont déterminées par une interaction continue avec les physiciens dont les choix sont guidés par d'énormes calculs de simulation, coordonnés et disponibles depuis le CC-IN2P3.
- la construction d'accélérateurs ne se conçoit plus sans

l'utilisation des techniques les plus sophistiquées : puissance HF au GHz, cryo-électronique..., dont on optimise les performances et les coûts. La tendance est de demander à un laboratoire de construire, plutôt qu'un accélérateur entier, des éléments d'accélérateur sur lesquels il a acquis une compétence indiscutée, l'aboutissement du travail étant l'intégration de ces éléments les uns aux autres.

- l'acquisition des données passe par une électronique devenue entièrement spécifique des détecteurs. La conception assistée par ordinateur, l'intégration, la généralisation des ASIC ont transformé la tâche des électroniciens, les outils informatiques se substituant à l'établi et à l'oscilloscope.
- Grâce aux outils et aux réseaux informatiques, les tâches de gestion des laboratoires devraient s'alléger, être plus intéressantes et faire appel à davantage de "responsabilité".

LES MÉTHODES DE TRAVAIL DE L'IN2P3

La spécificité du potentiel technique implique évidemment des compétences extrêmement pointues, même si leur spectre est large. La compétence en construction d'accélérateurs va de soi ; elle a justifié l'existence du corps des Titulaires de Physique Nucléaire (TPN). Elle a beaucoup évolué, mais est à l'origine d'une *tradition de l'organisation du travail* très fortement marquée, et qui peut se décrire par :

- *UNE PHASE DE CONCEPTION*, terminée à la rédaction d'un cahier des charges fonctionnel par les utilisateurs ;
- *UNE PHASE D'ÉTUDE* : simulation et CAO par les ingénieurs ; dessin - ou routage et implantation - par les projeteurs ; réalisation d'un prototype par des techniciens, en interaction avec les ingénieurs concepteurs ;
- *UNE PHASE DE FABRICATION*, par les techniciens soit au laboratoire, soit en sous-traitance ;
- *UNE PHASE DE RÉCEPTION*, par les utilisateurs.

Evolution des personnels techniques

Cette compétence de conception/construction, acquise auprès des accélérateurs, a ensuite été étendue à l'élaboration de grands détecteurs (comment tirer des résultats fiables d'un détecteur sans participer à toutes les étapes de sa définition et de sa réalisation ?). Cette méthode, faisant appel à un grand nombre d'intervenants, permet d'organiser le travail en sous-ensembles attribués à des laboratoires différents, mais étroitement coordonnés. Cette organisation du travail a permis que l'IN2P3 prenne en charge un projet aussi complexe que VIRGO. On ne retrouve guère au CNRS un tel mode de réalisation que dans les laboratoires spatiaux de l'INSU.

A l'Annexe sont citées un certain nombre de réalisations techniques du personnel de l'IN2P3 ou auxquelles il a fortement contribué, dans les dix dernières années.

L'étude du potentiel technique de l'IN2P3 amène une remarque sur la sociologie des expériences. La taille des collaborations, en physique des particules, est maintenant de l'ordre du millier de physiciens. Mais, pour des raisons qui tiennent à l'organisation de l'Enseignement supérieur en France, notre discipline ne dispose que d'un contingent réduit de thésitifs, et d'ailleurs d'un nombre encore plus faible de chercheurs (étrangers) en situation postdoctorale, ce qui pénalise lourdement les groupes français dans les collaborations internationales. Une récente enquête de l'ECFA donne un nombre moyen de 5 thésitifs par groupe associé à un grand projet de physique des particules. Cette valeur n'est que très

rarement atteinte en France. Un groupe d'ingénieurs de haut niveau (mais qu'on trouve aussi à l'étranger - Max Planck et DESY en Allemagne, Rutherford en Angleterre - et au CEA) compense la faiblesse numérique de nos thésards et postdocs, donc de nos équipes. Il est bien évident que nos laboratoires ont une capacité d'accueil de thésitifs, dans le domaine technique, qui dépasse largement le nombre de bourses de thèse.

Une façon d'illustrer les spécificités du travail technique à l'IN2P3 peut être trouvée en s'écartant des Branches d'Activité Professionnelle (BAP) et en regroupant les personnels suivant la grille suivante :

- Type 1: Fonctionnement général de l'unité de recherche (essentiellement les BAP 4, 5 et 6).
- Type 2: Fonctionnement et maintenance des appareils (réseau et système informatiques du laboratoire, opérateurs informatiques, opération et développement de grands instruments).
- Type 3: Tous niveaux de production en série.
- Type 4: Conception et réalisation d'accélérateurs et de détecteurs.

Le résultat, reporté à la figure 1, fait bien apparaître l'importance de la conception, et, d'ores et déjà, la quasi-disparition de la production de série dans nos laboratoires. Les personnels techniques de l'IN2P3 créent, ils réalisent de moins en moins, ils ne prennent pratiquement pas part directement aux mesures.

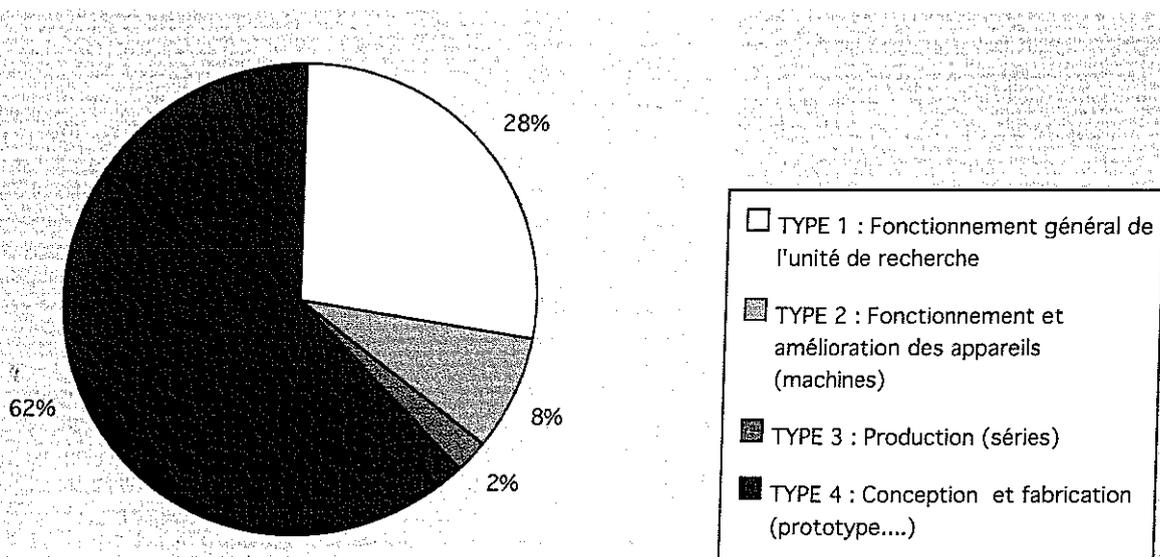


Figure 1 : Typologie des emplois ITA et TPN par grandes catégories fonctionnelles

Evolution des personnels techniques

LES LABORATOIRES DE L'IN2P3

L'IN2P3 compte 18 laboratoires, dont la population apparaît au tableau 1.

Le Centre de Calcul de l'IN2P3 est une Unité de service et de recherche ; GANIL et le LNS (SATURNE) sont deux *Laboratoires nationaux d'accueil*, à double tutelle IN2P3/CNRS et DSM/CEA (dont le personnel technique vient de l'une ou l'autre). D'où un nombre limité de physiciens résidents, mais un personnel technique nécessairement nombreux (opération et maintenance de l'accélérateur, accueil des expériences...).

L'histoire des différents laboratoires explique des accidents démographiques (qui s'atténuent) et la distribution des populations dans les corps. Le CRN à Strasbourg, l'IPN et le LAL à Orsay se sont implantés à la fin des années 50. D'autres laboratoires sont beaucoup plus jeunes (CPPM, LAPP) ou ne se sont développés que récemment (SUBATECH, LPC-Clermont), à la faveur des décisions de divers CIAT.

Seuls quelques laboratoires (IPN-Orsay, CENBG, IPN-Lyon, LPC-Caen) reçoivent une contribution substantielle d'IATOS. Bien que ce rapport ne porte que sur le personnel CNRS, il paraît nécessaire de mentionner que le personnel IATOS, généralement moins qualifié, a des perspectives de carrière très médiocres comparées à celles du personnel CNRS.

EVOLUTIONS PASSÉE ET À VENIR DES PERSONNELS DE L'IN2P3

La figure 2 décrit l'évolution des différents corps au CNRS de 1985 à 1995, hors TPN et personnels de l'administration centrale. D'une façon constante, les proportions d'IR et d'AI ont crû ; celle des T, mais surtout celles des AJT et des AGT ont diminué.

Tableau 2 : Evolution des effectifs Ingénieurs (IR, IE, AI), techniciens (T, AJT, AGT) et administratifs à l'IN2P3, de 1988 à 1994.

	Ingénieurs	Techniciens	Administratifs
1988	643	843.5	144.5
1989	648	853	144
1990	677	831	137.5
1991	712.5	814.5	131
1992	740.4	799.7	128.1
1993	761.3	772.2	119.8
1994	772.6	752.6	106.7

Tableau 1 : Population en chercheurs et ITA des différentes unités de l'IN2P3, au début 1995.

	Chercheurs (dont CNRS)	ITA (dont TPN)	IATOS	Rapport ITA/Chercheur
CC-IN2P3	1	35 (6)		
GANIL	20 (11)	120 (27)		
LNS	15 (9)	38 (6)		
CENBG	30 (16)	33 (10)	13	1.1
CPPM	23 (17)	64 (3)	1	2.8
CRN	120 (74)	*256 (58)	3	2.1
CSNSM	33 (32)	52 (6)		1.6
IPN-LYON	78 (33)	77 (37)	24	1.0
IPN-ORSAY	93 (64)	**333 (137)	13	3.6
ISN	73 (37)	99 (43)		1.4
LAL	77 (62)	274 (65)	2	3.6
LAPP	48 (43)	77 (16)		1.6
LPC-Caen	23 (11)	12	9	0.5
LPC-Clermont	43 (15)	20 (2)	5	0.5
LPC-Collège	37 (24)	58 (21)		1.6
LPNHE-P 6/7	38 (25)	55 (4)	2	1.5
LPNHE-X	36 (35)	49 (5)	1	1.4
SUBATECH	18 (6)	13		0.7
Total laboratoires	770 (494)	1472 (407)	74	1.91
Total général	806 (514)	1665 (446)	74	

* dont 13 personnes mises à disposition (LEPSI, réacteur nucléaire)

** dont 12 personnes mises à disposition (Centre de Protonthérapie d'Orsay, Centre de liquéfaction d'Hélium de l'Université...)

Pour les seuls laboratoires de l'IN2P3 (Siège exclu), le document «Evolution des effectifs IN2P3 1988-1994» donne le tableau 2 (où apparaît le temps partiel).

La figure 3 montre qu'à effectif constant (dans les laboratoires), le nombre et la proportion d'ingénieurs (IR, IE, AI) ont augmenté rapidement de 1988 à 1994 (il faudrait faire la part, dans cette augmentation, des recrutements et des promotions). Le nombre d'administratifs décroît très nettement sur cette période. On notera que les administratifs ayant quitté l'IN2P3 ont pu être remplacés par des personnels du cadre technicien ; la diminution du nombre des techniciens (plus de 10%) n'en est que plus remarquable.

La pyramide des âges du personnel technique IN2P3, donnée par la figure 4, fait apparaître que 443 ITA et TPN (soit 27% de l'effectif) auront quitté nos laboratoires d'ici à dix ans. On peut ajouter à ces données le tableau 3 indiquant les prévisions beaucoup plus pessimistes, fondées sur les tendances observées ces dernières années, de départs en retraite (source : ICARE 94).

Evolution des personnels techniques

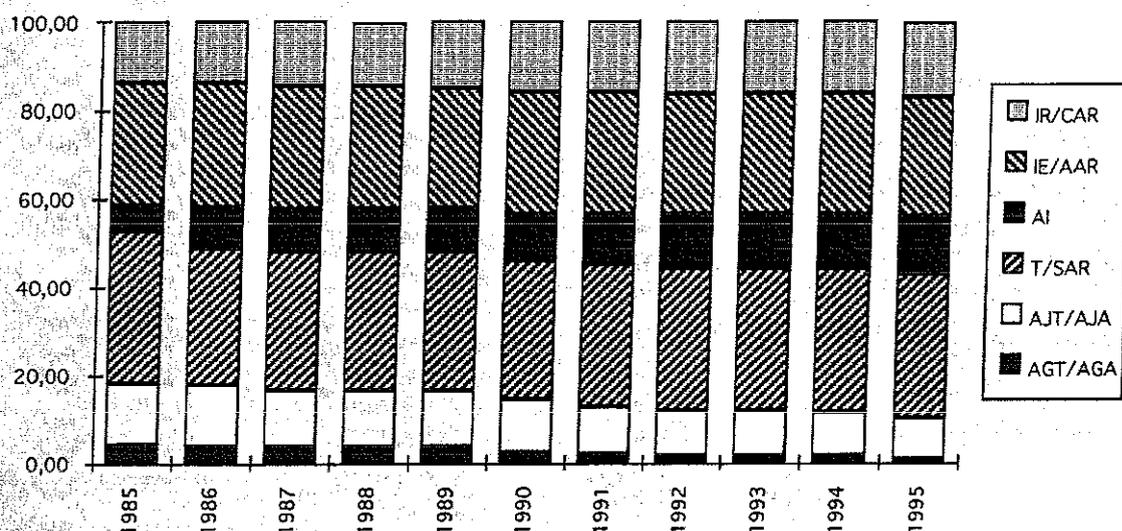


Figure 2 : Proportion des personnels ITA au CNRS dans les différents corps. Evolution de 1985 à 1995.

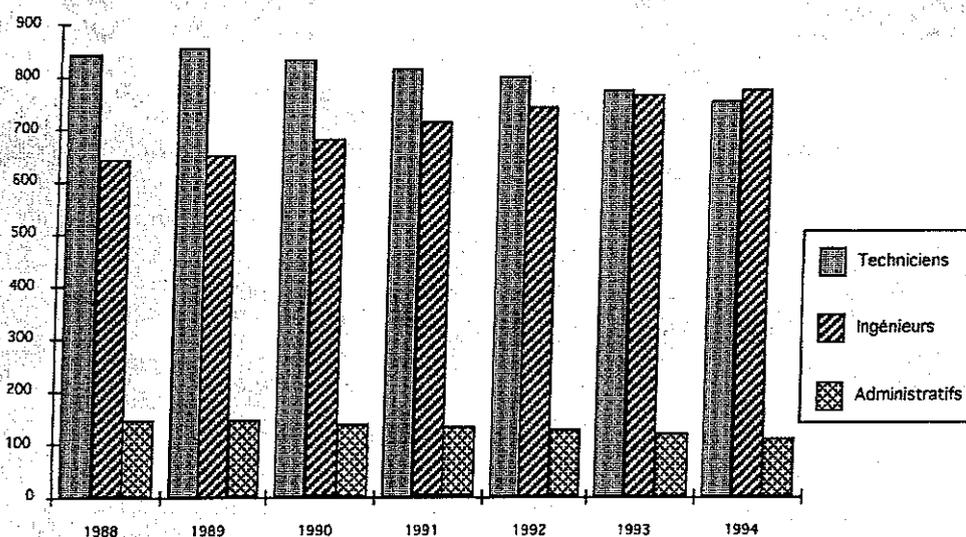


Figure 3 : Evolution du nombre de techniciens, ingénieurs et administratifs à l'IN2P3, de 1988 à 1994

Evolution des personnels techniques

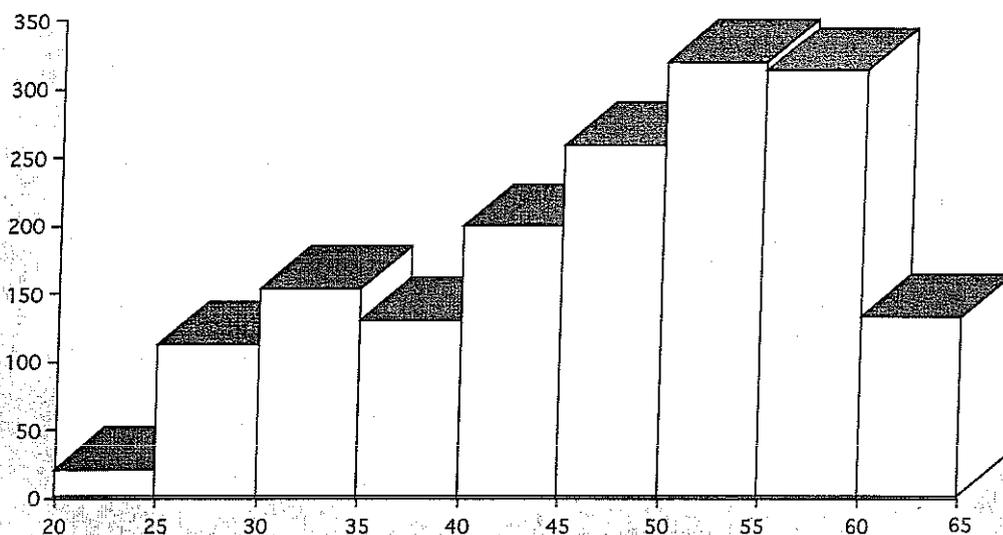


Figure 4 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 (tous laboratoires, tous corps confondus).

Tableau 3 : Prévission de départs de l'IN2P3 sur les dix années à venir dans les différents corps.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001-2005	Total
IR-IPPN	10	19	12	9	17	21	55	143
IE/AAR/IPN	10	11	10	9	9	22	76	147
AI/TA/TE/TT/TP	16	25	22	19	16	20	136	254
T/SAR/PP	11	11	10	10	9	11	70	132
AJT/AJA	7	6	7	9	8	9	47	93
AGT/AGA	1	1	1	1	1	1	5	11
Total	55	73	62	57	60	84	389	780

Sur les dix années à venir, on prévoit que 70% des départs soient supportés par les corps d'ingénieurs et d'AI. Or, l'expérience professionnelle est un élément essentiel de la qualification de ces personnels ; des périodes de

recouvrement seront nécessaires pour transmettre cette expérience et une programmation rigoureuse du renouvellement de ces emplois est indispensable.

Evolution des personnels techniques

COMPARAISON AUX AUTRES DÉPARTEMENTS DU CNRS

Pour comparer les populations des différents départements du CNRS, nous avons utilisé des chiffres globaux, toutes BAP confondues, dans lesquels entrent aussi les personnels du siège. Ces chiffres, tirés du Bilan Social du CNRS, valent pour l'année 1993 et sont reportés au tableau 4.

La figure 5 met en regard la population des différents corps dans les Départements et Instituts du CNRS.

A l'IN2P3, la qualification T + SAR représente plus d'un tiers de l'effectif ITA. Les techniques utilisées, l'importance du rôle de la conception à l'IN2P3, demandent un nombre important d'IR ; pourtant, la proportion d'ingénieurs est plus élevée dans les départements SPI et SC et à l'INSU.

Tableau 4 : Effectifs ITA des différents Départements et Instituts du CNRS en 1993.

	IN2P3	SPM	SPI	INSU	SC	SDV	SHS
IR+CAR	356+1	218+1	371+1	375+0	368+0	239+1	267+0
%	20.0	18.0	27.5	23.0	23.7	8.9	15.5
IE+AAR	434+17	260+20	337+23	413+17	360+15	723+27	874+21
%	25.3	23.0	26.6	26.4	24.2	27.8	51.9
AI	177	230	184	221	218	397	87
%	9.9	18.9	13.6	13.6	14.1	14.7	5.0
T+SAR	519+104	322+83	268+89	365+100	339+118	855+103	229+135
%	34.9	33.3	26.3	28.5	29.5	35.5	21.1
AJT+AJA	120+36	47+24	41+29	77+25	57+37	248+39	53+43
%	8.7	5.8	5.2	6.3	6.1	10.6	5.6
AGT+AGA	20+0	12+1	9+3	35+0	38+1	65+1	13+2
%	1.1	1.0	0.9	2.1	2.5	2.4	0.9
Total	1784	1218	1355	1630	1551	2698	1724

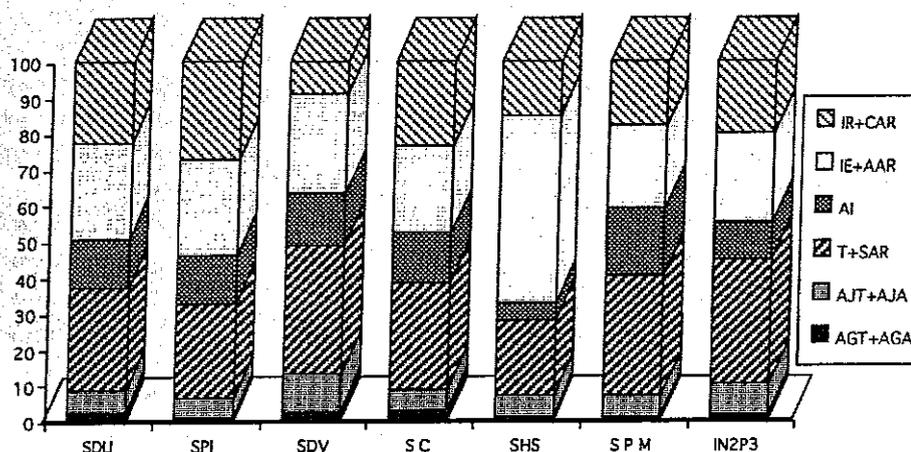


Figure 5 : population des différents corps dans les départements et instituts du CNRS

EVOLUTIONS TECHNIQUES DANS LES DIFFÉRENTES BAP

Une étude fondée sur l'analyse de la distribution des personnels est maintenant possible, grâce à la récente enquête sur les métiers entreprise au CNRS. Son utilisation est peut-être prématurée, mais les grandes tendances qu'on y lit ne devraient pas être modifiées par les corrections en cours. Les données sont celles de Mai 1995.

La distribution des personnels suivant les différentes branches d'activité professionnelle (BAP) est donnée au tableau 5. On rappelle la classification des métiers en différentes BAP

- BAP 1 : Informatique
- BAP 2 : Electronique
- BAP 3 : Mécanique. Bureau d'études

- BAP 4 : Documentation et Edition scientifique
- BAP 5 : Gestion scientifique
- BAP 6 : Bâtiments et gestion technique
- BAP 7 : Instrumentation
- BAP 8 : Chimie.

Les deux BAP les plus peuplées sont celles d'électronique et d'instrumentation, les plus proches de l'expérience : conception et mise au point de détecteurs.

Le CCIN2P3 (qu'utilisent maintenant le DAPNIA/CEA et des unités CNRS hors IN2P3) ne contient guère plus de 10% de la population informaticienne. Ceci peut s'expliquer par les évolutions rapides et très fortes qu'a connues l'informatique.

Par contre, une proportion de 15% de "gestionnaires scientifiques" traduit certainement une difficulté à

Tableau 5 : Répartition du personnel ITA et TPN de l'IN2P3 dans les différentes branches d'activité professionnelle. Les chiffres entre parenthèses sont ceux des TPN.

	BAP 1	BAP 2	BAP 3	BAP 4	BAP 5	BAP 6	BAP 7	BAP 8
CCIN2P3	25(6)				4	6		
GANIL	13(5)	24(3)	17(4)	1	19	17(1)	29(14)	
INS	3(1)	10(1)	3	2	4(1)	1	15(3)	
CENBG	3	7(2)	8(4)	1	5		6(2)	3
CPPM	16(1)	14(1)	15	1	11	2	5(1)	
CRN	27(12)	48(12)	41(8)	13(1)	42(1)	11(2)	67(22)	7
CSNSM	4	7	8(2)	2	9	1	21(4)	
IPN-Lyon	8(6)	13(8)	7(3)	5(1)	6(1)	5(1)	32(16)	1(1)
IPN-Orsay	31(15)	78(47)	45(22)	15(1)	50(2)	41(11)	69(39)	4
ISN-G	10(5)	25(10)	17(10)	2(1)	12	3(3)	29(13)	1(1)
LAL	26(7)	72(24)	52(9)	9(1)	44(1)	34(4)	37(19)	
LAPP	13(3)	21(7)	12(3)	1	17	7	6(3)	
LPC-Caen	2	3	1		3	1		2
LPC-Clermont	5	6	5(1)	1	1		2(1)	
LPC-Collège	17(3)	15(7)	8(4)	5(4)	5(1)	4(1)	4(1)	
LPNHE-P 6/7	11	17(3)	7(1)	5	10	4	1	
LPNHE-X	10(2)	15(1)	11(2)	2	8	1	2	
SUBATECH	2	3	2		5		1	
Total	226(66)	378(126)	259(73)	65(9)	255(7)	138(23)	328(138)	16(2)

Evolution des personnels techniques

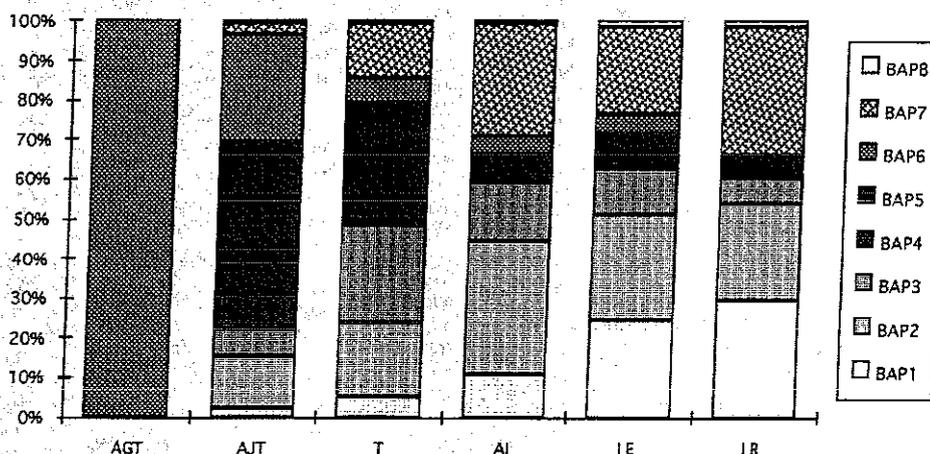


FIGURE 6 : RÉPARTITION DES BAP PAR CORPS SUR LES EMPLOIS ITA ET TPN DE L'IN2P3

s'adapter aux techniques nouvelles et une perplexité face à de nouvelles tâches.

La proportion de personnels chargés de documentation et d'aspects "éditoriaux" de la vie scientifique est faible (avec une part élevée de personnels de moindre qualification). Cette observation peut-elle être reliée aux difficultés de la discipline sur le plan de l'information scientifique et de la vulgarisation ?

Une étude de la population des corps suivant les différentes BAP est également instructive (figure 6). Cette étude oppose les BAP 4, 5 et 6 (faible qualification en moyenne) aux BAP 2 et surtout 1 et 7 (où la proportion d'IR est beaucoup plus élevée).

Nous allons passer successivement en revue les populations des différentes BAP, et essayer de jeter sur elles un oeil critique.

BAP 1

La distribution de celle-ci sur les différents corps et chaque laboratoire apparaît au tableau 6.

Dans cette BAP, la distribution sur les différents corps est presque "exemplaire". La proportion d'IR atteint 45%. Celle des opérateurs (auprès de l'informatique centralisée) s'est considérablement réduite avec la robotisation.

Le passage à une informatique distribuée et l'apparition de grands réseaux ont eu de profondes répercussions : on est passé de l'utilisation d'ordinateurs centraux à la réalisation de machines-prototypes, à base de stations de

travail, dédiées à un type donné de tâches, et offrant un rapport performance/prix qu'on dit être cent fois plus avantageux que celui des ordinateurs traditionnels. On observe une diminution drastique du rôle du matériel, mais la multiplication possible des installations de logiciels, une évolution incessante des systèmes d'opération,

Tableau 6 : Population des personnels ITA et TPN de la BAP 1 dans les laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
CC-IN2P3	15	6	1	3		25
CENBG	2	1				3
CPPM	12	3		1		16
CRN	15	8	2	2		27
CSNSM	2	2				4
GANIL	4	4	2	3		13
IPN-Lyon	4	1	3			8
IPN-Orsay	9	5	8	9		31
ISN	6	3	1			10
LAL	13	5	4	2	2	26
LAPP	5	2	3	3		13
LNS	2		1			3
LPC-Caen	1	1				2
LPC-Clermont		2	2		1	5
LPC-Collège	4	6	2	5		17
LPNHE-P 6/7	2	6	2	1		11
LPNHE-X	3	5		2		10
SUBATECH	1	1				2
Total	100	61	31	31	3	226

Evolution des personnels techniques

différant d'un constructeur à l'autre, entraînent aussi un retard constant du logiciel sur le matériel. Ainsi, il n'est pas certain qu'on touche dès aujourd'hui les dividendes du passage au seul système UNIX.

Il en résulte une imbrication très grande de deux tâches demandées aux informaticiens : le *développement d'applications*, utilisant de puissants outils informatiques de simulation ou de dépouillement (on trouve, à l'IN2P3, 12 I.R. analystes en applications informatiques) et *l'opération des systèmes informatiques*.

La mise au point (par des codes de simulation) des détecteurs, l'exploitation des données des expériences, conduisent à bâtir des applications qui ne peuvent être produites par un seul laboratoire ; ces grands développements coordonnés, sont précisément un des aspects qui révèlent l'avance de notre discipline. Pour les mêmes raisons, des langages très évolués sont utilisés, et le développement de logiciels est devenu un véritable projet d'ingénierie.

Le développement des réseaux (l'IN2P3 bénéficie depuis vingt ans d'un réseau - PHYNET - de haute performance, qualifié de "système nerveux de l'organisation du travail de nos laboratoires"), la mise à la disposition des chercheurs d'outils extrêmement puissants "sur le bureau" font aussi apparaître le besoin d'informaticiens capables d'adapter leurs laboratoires à ces nouvelles techniques. L'introduction massive de la CAO dans les laboratoires apporte un surcroît de travail (environ 180 stations de travail en CAO mécanique et informatique). L'information scientifique est en train de se déverser sur ces réseaux.

Le CCIN2P3 doit garder son rôle de phare de la discipline. On peut aussi lui demander de s'imposer comme la structure de coordination de l'Institut (facilitant les échanges, évitant les redondances). L'assistance, la formation, la rédaction de manuels d'utilisation coûtent du temps...

La physique des hautes énergies et, dans une moindre mesure le domaine des "astroparticules", sont sources de l'essentiel des besoins : le dépouillement des expériences ALEPH et DELPHI mobilise déjà 50% des moyens du CCIN2P3. Le volume des données à venir s'annonce gigantesque : comparé au LEP, le volume de données collectées au LHC sera multiplié par un facteur 500 et la puissance CPU demandée off-line par 1000... (mêmes prévisions pour les simulations). Les problèmes de physique nucléaire sont encore à quelques ordres de grandeur de ceux évoqués ci-dessus, mais la tendance est la même, aussi bien pour les données collectées sur les multidétecteurs récemment construits que pour les simulations.

Les besoins sont donc essentiellement ceux d'ingénieurs de haut niveau, soit en support aux très grandes expé-

riences, soit (ré)organisant l'architecture informatique de leur laboratoire, et sur un personnel moins qualifié, aidant les physiciens à suivre les évolutions. A un niveau moindre, le problème se pose aussi de l'organisation et de l'assistance concernant la microinformatique, qui joue un rôle important dans la gestion et la production scientifique des laboratoires et prendra une place croissante.

Les pyramides des âges (figure 7) de cette BAP sont favorables. Sur 101 IR, seuls 20 d'entre eux ont plus de 55 ans ; on ne prévoit pas plus d'une quarantaine de départs dans cette BAP d'ici 2005.

Avec cette perspective, on peut recommander que le nombre d'ingénieurs de haut niveau, substantiel dans quelques laboratoires, croisse dans les autres. On ne peut tout attendre du seul CCIN2P3, saturé par le volume de données à traiter et la nécessité d'adapter son architecture à l'évolution des matériels et à la taille des besoins. En outre, un contact étroit entre les physiciens des laboratoires et leurs informaticiens est indispensable, surtout compte tenu de la rapidité des évolutions dans cette discipline.

On peut attendre que la tâche des ingénieurs-systèmes se simplifie progressivement par une relative uniformisation... L'infrastructure réseau devra être assurée avec du personnel de qualification IE/AI. La très grande ouverture (vulnérabilité) du réseau informatique de l'IN2P3 pose de façon aiguë le problème de sa sécurité, et il faut donc prévoir de pourvoir cette tâche dans chaque laboratoire.

En résumé, le support aux grandes expériences nécessite un volume d'ingénieurs de haut niveau (161 IR et IE) qui sont en poste à l'IN2P3, à qui l'Institut demande beaucoup, et grâce à qui il joue un rôle de premier plan dans les collaborations internationales. On peut cependant souhaiter renforcer quelques laboratoires et soulager un peu le CCIN2P3. La possibilité d'utiliser en appoint, sur de grands projets et des périodes d'un à deux ans, des CDD de haut niveau, devrait être maintenue.

Le tableau suivant schématise une évolution possible dans la BAP-1 qui constitue un objectif très raisonnable, compte tenu de la pyramide des âges.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
Actuellement	100	61	31	31	3	226
Souhaitable	110	60	30	10	0	210

Évolution des personnels techniques

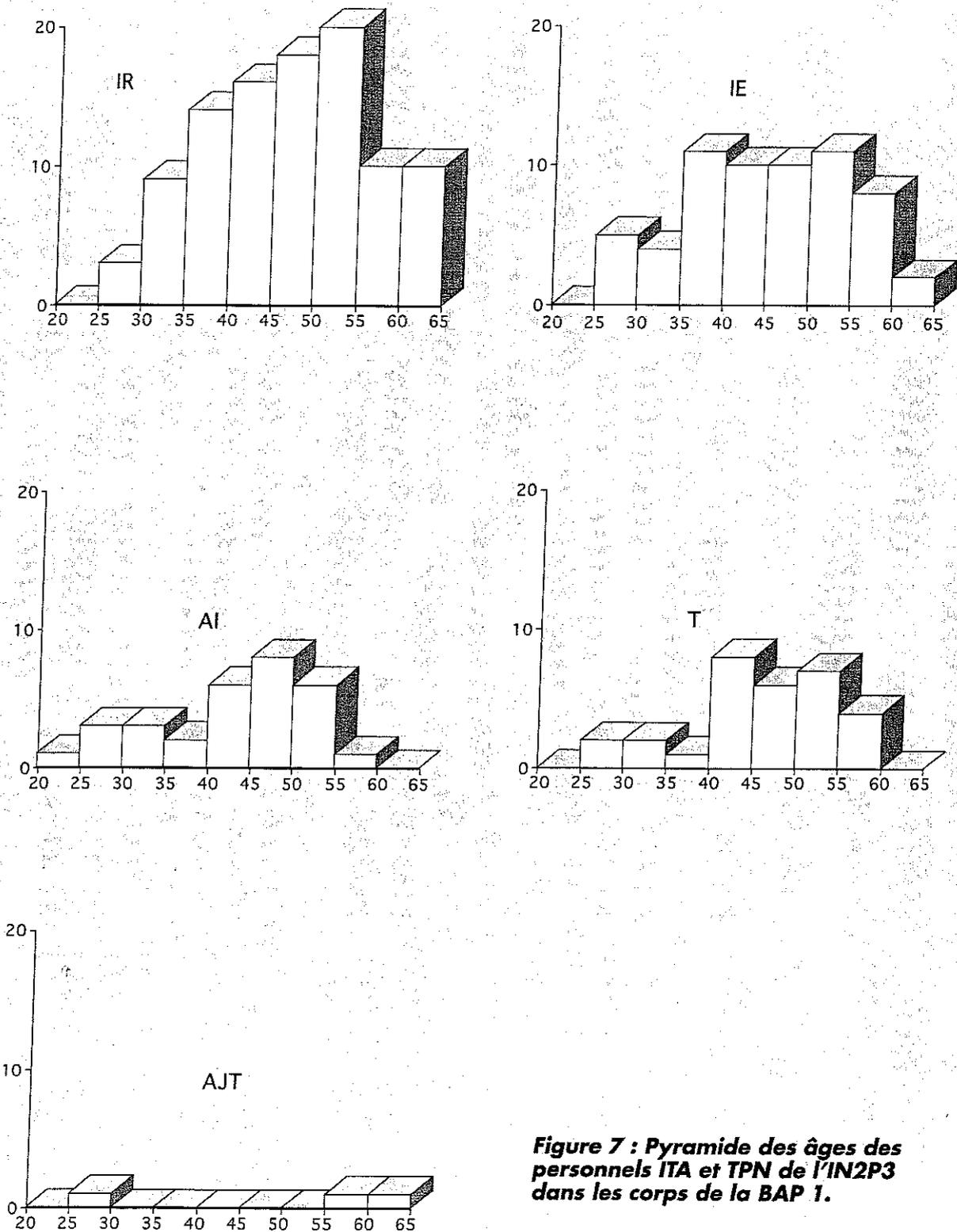


Figure 7 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 dans les corps de la BAP 1.

Evolution des personnels techniques

BAP 2

La population de cette BAP, à l'IN2P3, est décrite par le tableau 7 :

Tableau 7 : Population des personnels ITA et TPN de la BAP 2 dans les laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
CC-IN2P3						
CENBG	1	2	3	1		7
CPPM	9	2	1	1	1	14
CRN	10	8	10	18	2	48
CSNSM		3	1	2	1	7
GANIL	4	6	6	7	1	24
IPN-Lyon	5	3	4	1		13
IPN-Orsay	10	8	25	33	2	78
ISN	4	6	8	7		25
LAL	18	13	15	20	6	72
LAPP	5	4	6	4	2	21
LNS	1	2	3	3	1	10
LPC-Caen	1	1	1			3
LPC-Clermont	1	1	1	3		6
LPC-Collège	5		2	8		15
LPNHE-P 6/7	3	6	4	3	1	17
LPNHE-X	5	2	2	4	2	15
SUBATECH		1	1	1		3
Total	82	68	93	116	19	378

Une caractéristique de nos disciplines vient de ce que l'électronique nécessaire n'est plus conçue dans l'industrie, mais au laboratoire (en témoigne la raréfaction des fabricants de modules électroniques, qui ne font plus que reproduire, à des milliers d'exemplaires, des modules conçus dans nos laboratoires pour nos besoins spécifiques). C'est sur sa capacité à concevoir cette *électronique intégrée entièrement originale*, spécifique du problème posé, qu'est jugé le travail d'un électronicien. Le coût de cette électronique peut d'ailleurs représenter le poste principal du budget d'un détecteur.

Une des plus fortes mutations qu'a connue l'électronique dans nos laboratoires est l'introduction massive de la CAO électronique (chaque ingénieur a sa station, ce que demandent aussi bien sa compétence que la nature des projets traités). Celle-ci a eu un impact considérable sur la puissance, la compacité, la fiabilité et la reproductibilité des matériels fabriqués. Des technologies modernes comme celle des composants hybrides,

ou CMS (Composants Montés en Surface), des ASIC, sont maintenant régulièrement employées, et permettent des réalisations impensables auparavant. En outre, les mises à jour des logiciels de CAO ont eu un effet pédagogique considérable en maintenant, année après année, les électroniciens à un excellent niveau opérationnel parmi leurs collègues du CNRS (on souhaiterait le vérifier sur les résultats des concours internes et de sélection professionnelle...). L'effort concerté en CAO a accru les échanges entre laboratoires ; avec la constitution de bases de données partagées, s'est structurée une communauté dont il est plus facile de coordonner le travail entre les différents laboratoires.

On notera la persistance (plutôt la croissance) de la part (à peine inférieure à 50%) de l'électronique analogique, indispensable lorsqu'on travaille sur de nouveaux détecteurs ; la part la plus amont de la recherche instrumentale, c'est-à-dire le traitement électronique de la réponse bas-niveau de détecteurs encore non optimisés, nécessite une compréhension du détecteur aussi bien que de l'électronique, et fait appel à des qualités de véritable chercheur en instrumentation.

Pourtant, la population actuelle des électroniciens diffère beaucoup de celle des informaticiens. Elle comporte encore une forte proportion (30%) de techniciens, même si le câblage disparaît rapidement de nos laboratoires. Une forte diminution du nombre des câbleurs et prototypistes est à prévoir : *on assiste à l'effondrement des besoins en électroniciens peu qualifiés* (comment requalifier nos collègues dont la formation est la plus ancienne ?). Les techniciens sont maintenant essentiellement chargés de travaux d'implantation sur les circuits, et aussi de montage, ce qui, dans les deux cas, est plutôt un travail d'assistants-ingénieurs. Le nombre de ceux-ci, élevé (1/4 de la population), est bien adapté aux expériences de la discipline, où de nombreux électroniciens montent et mettent au point une expérience, après que les ingénieurs-concepteurs ont imaginé et fait réaliser les modules électroniques.

Une part importante du travail est maintenant réalisée en sous-traitance : la conception s'effectue (pour schématiser) devant une console, plus guère devant un oscilloscope ; un prototype est dessiné et "routé" au laboratoire, tandis que le câblage de prototypes et même de séries, limités en nombre, se sous-traite sans difficulté. Le prototype est ensuite corrigé et amélioré au laboratoire avant que le sous-traitant réalise la série. L'essentiel du travail au laboratoire porte donc sur la conception et la mise au point, presque jamais sur la réalisation. Le rôle de l'ingénieur prédomine au laboratoire, celui de l'assistant-ingénieur se partage entre le laboratoire et la mise au point de l'expérience sur le site, et celui du technicien s'en trouve réduit.

On doit donc envisager un effort soutenu pour maintenir et augmenter le potentiel d'ingénieurs et d'assistants-ingénieurs. Six IR/IE et 6 AI de conception représentent un minimum pour les gros laboratoires. A ceci

Evolution des personnels techniques

s'ajoute le travail de montage et de mise au point sur le site de l'expérience, pour lequel la qualification d'AI convient bien. Demeurent, dans les gros laboratoires, des tâches de documentation/approvisionnement (au moins un AI), de suivi de fabrication (au moins un AI/IE par projet), et d'exploitation/pédagogie des logiciels de CAO (au moins un IR ou IE).

L'examen de la pyramide des âges (figure 8) montre qu'un quart de l'effectif va partir dans les dix années à venir, et un tiers des IR.

Il apparaît indispensable de remplacer les nombreux départs de très haut niveau, prévus à court terme, en particulier dans des domaines comme le VLSI et l'analogique (et aussi indispensable de prévoir une transmission de l'expérience). La compétition avec de très puissants laboratoires comme le CERN, Brookhaven, Saclay, en particulier dans les phases de R & D qui précèdent les grandes réalisations, exige des embauches au niveau le plus élevé (qui peuvent être, pour quelques-unes d'entre elles, des CDD) si l'on veut continuer à se maintenir dans les grandes collaborations. Par ailleurs, trop de laboratoires n'ont encore qu'un IR, quand ils en ont un... Au contraire, les gros contingents de techniciens, situés dans trois laboratoires, devraient pouvoir se réduire.

En résumé, le nombre actuel d'ingénieurs (IR et IE) doit être accru (et, compte tenu des départs proches, par des embauches à très haut niveau), et une certaine redistribution devrait permettre aux petits laboratoires de jouer un rôle de développement plus accentué. Le nombre d'AI convient sans doute aux besoins de la physique ; mais ici aussi, ce nombre est trop faible dans les petits laboratoires (montage sur les sites d'expériences). Compte tenu de la pyramide des âges, il faudra davantage compter sur des actions de formation que sur des départs pour voir décroître le nombre de techniciens et d'AJT. Mais on ne doit pas oublier que le fonctionnement des accélérateurs n'est maintenu qu'avec un "volant" de techniciens électroniciens et électrotechniciens. Dans les gros laboratoires, la valorisation pourrait bien être une tâche à mi-temps.

Une évolution souhaitable pourrait être la suivante :

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
Actuellement	82	68	93	116	19	378
A prévoir	100	70	90	50	0	310

Les recrutements de 40 IR, de plus de 20 IE et d'autant d'AI devraient avoir un excellent effet sur la discipline. Mais la pyramide des âges de la figure 8 ne laisse pas entrevoir comment les corps de T et d'AJT peuvent diminuer autant que prévu ci-dessus (formation profes-

sionnelle ?). En tout cas, ce tableau suggère de cesser tout recrutement de T et d'AJT dans cette BAP.

BAP 3

La population de cette BAP est donnée au tableau 8 :

Tableau 8 : Population des personnels ITA et TPN de la BAP 3 dans les différents laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
CC-IN2P3						
CENBG	1	1	3	3		8
CPPM	5		3	7		15
CRN	2	8	8	23		41
CSNSM		1	2	5		8
GANIL		4	1	12		17
IPN-Lyon			2	4	1	7
IPN-Orsay	3	3	6	28	5	45
ISN	1	2	1	12	1	17
LAL	3	6	3	38	2	52
LAPP		3	2	7		12
LNS			3			3
LPC-Caen				1		1
LPC-Clermont	1	1		3		5
LPC-Collège	3		2	3		8
LPNHE-P 6/7	1	2	1	3		7
LPNHE-X	1	2	2	4	2	11
SUBATECH		1			1	2
Total	21	34	39	153	12	259

Cette BAP regroupe tous les métiers de la mécanique, du bureau d'études jusqu'à l'atelier. Bien qu'elle ait un rôle important dans l'IN2P3, elle est plutôt sous-peuplée, au profit de la BAP 7 (instrumentation) dont l'image est plus proche de la physique.

Le tableau ci-dessus fait apparaître que plusieurs laboratoires n'ont ni IR, ni IE dans cette BAP ; ils ne peuvent donc jouer qu'un rôle extrêmement modeste de conception et de proposition. La CAO a pourtant amené une très nette progression qualitative du travail des bureaux d'études (et la quasi-disparition de la planche à dessin) ; elle a introduit une extrême facilité à échanger des plans pour les discuter et les corriger... Mais son introduction n'a pas encore eu (et peut-être, ne peut pas avoir) de résultats aussi nets qu'en électronique. Des techniques et matériaux nouveaux doivent encore être pris en compte, introduits et assimilés. Il demeure donc

Evolution des personnels techniques

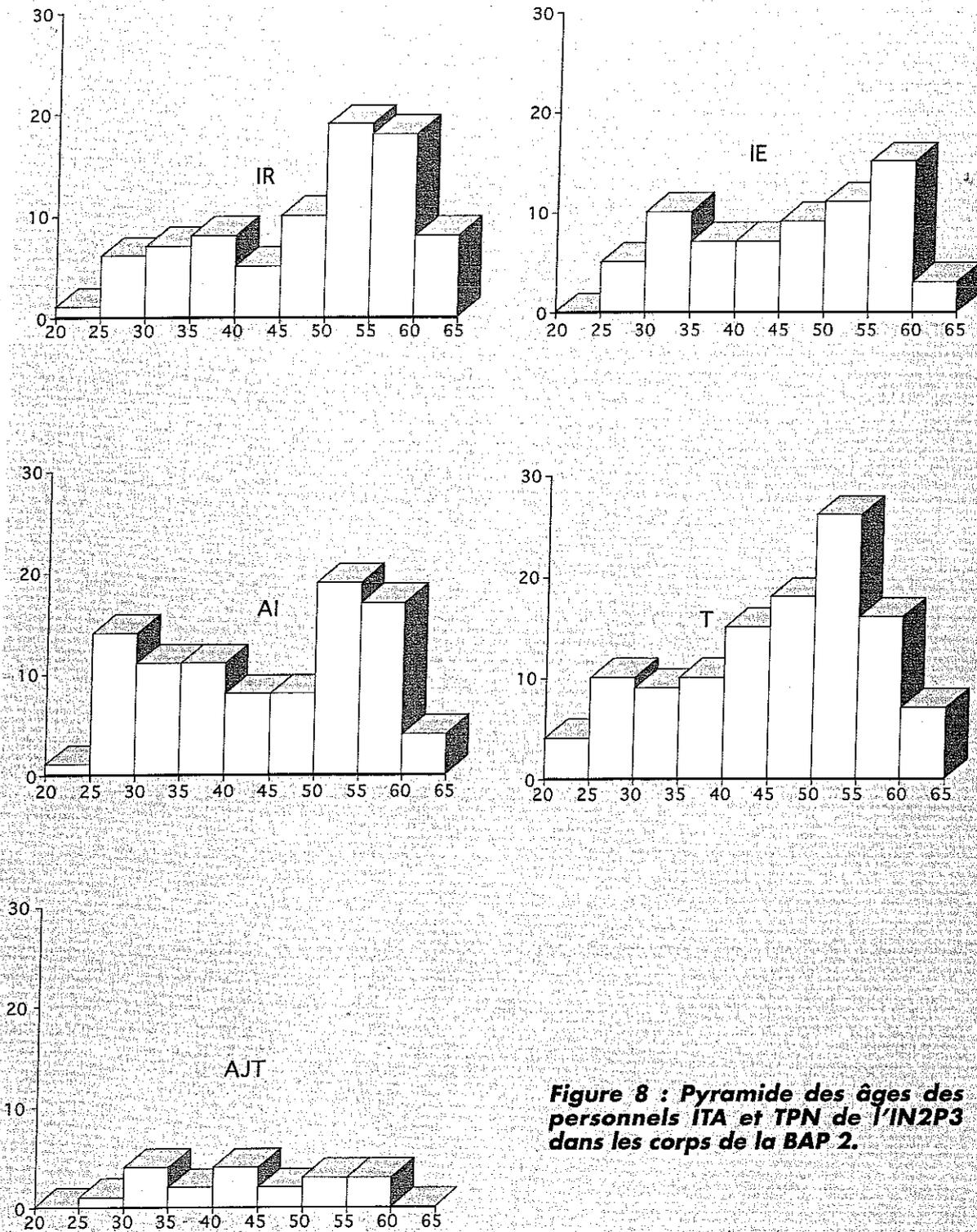


Figure 8 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 dans les corps de la BAP 2.

Evolution des personnels techniques

là une part de travail de recherche et d'encadrement qui est aussi celui d'ingénieurs de haut niveau.

A côté de ce corps de conception, deux métiers ont une importance particulière : d'une part, un ensemble de techniciens (ou mieux d'assistants-ingénieurs) d'appui, qui réalisent le montage de l'expérience et sa mise en fonctionnement, comme en électronique ; d'autre part, des personnels capables d'assurer le suivi en usine du travail sous-traité et de le réceptionner. Les ateliers se vident ; le nombre d'opérateurs de machines-outils va tendre vers zéro, tandis qu'on demandera aux monteuses de savoir se servir de celles-ci. A nouveau, disparition des tâches de production, au profit de l'accompagnement des montages, de la seule réalisation de maquettes... Il paraît inévitable que pour la réalisation, on ait recours à la sous-traitance. Même si, à la construction des détecteurs de LEP, il est apparu possible de demander à des étudiants vacataires de réaliser, sous la direction d'un technicien expérimenté, certaines opérations très répétitives, mais demandant une très grande attention, la taille des détecteurs de LHC est telle qu'on ne puisse envisager de multiplier par dix le nombre de vacataires... On voit alors poindre la difficulté : le coût des détecteurs du LHC est évalué sans celui de la main d'oeuvre. Compte tenu de leur taille, le choix de la sous-traitance pour chaque réalisation (toutes les fois qu'un tel choix est possible) ne sera certainement pas financièrement indolore...

Par contre, le rôle de conception ne pourrait être remis à des entreprises sous-traitantes sans des délais insupportables... et des coûts qui ne le seraient pas moins. Le souhait d'un ingénieur chargé de veiller au planning des travaux d'une large collaboration, en physique des particules, a été plusieurs fois exprimé.

Il apparaît dans cette BAP un net vieillissement des ingénieurs de haut niveau, dont le nombre a déjà décliné fortement. La pyramide des âges (figure 9) montre que 28% des personnels de cette BAP seront partis dans dix ans, et la même proportion d'IR. Le nombre d'IR de 40 ans, capables de produire et de diriger est trop faible. Il ne paraît pas possible de laisser un laboratoire de l'IN2P3 sans un ingénieur mécanicien. On peut proposer l'évolution suivante :

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
Actuellement	21	34	39	153	12	259
A prévoir	35	25	50	90	0	200

Cet objectif paraît réalisable : on peut atteindre ces chiffres, par embauche au niveau des IR (plus de 20) et des IE, et par les seules formations professionnelles et promotions dans les corps de T (30% de départs dans les dix ans).

BAP 4

Les participants aux tâches de documentation, bibliothèque, édition scientifique, se distribuent selon le tableau 9 :

Tableau 9 : Population des personnels ITA et TPN de la BAP 4 dans les différents laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
CC-IN2P3						0
CEN-BG				1		1
CPPM		1				1
CRN			2	6	5	13
CSNSM		1		1		2
GANIL		1				1
IPN-Lyon		1		3	1	5
IPN-Orsay	1		3	8	3	15
ISN-Grenoble			1	1		2
LAL		1	1	6	1	9
LAPP					1	1
LNS	1				1	2
LPC-Caen						0
LPC-Clermont				1		1
LPC-College	1		1	3		5
LPNHE-P 6/7				3	2	5
LPNHE-X				2		2
SUBATECH						0
Total	3	5	8	35	14	65

On peut s'étonner du nombre de techniciens (la moitié de la BAP) chargés d'une tâche de magasinier, de technicien bibliothécaire... Le nombre des métiers d'édition scientifique (dessin scientifique, photographie, offset...) va certainement décroître, au détriment de la commodité... et des budgets des laboratoires. Un centre d'édition unique pour l'IN2P3 pourrait être envisagé, mais les progrès rapides de l'édition électronique rendent plus urgentes d'autres mutations.

Une politique d'édition, de gestion documentaire et d'archivage des publications scientifiques à l'IN2P3, de vulgarisation scientifique, et aussi de conception de plaquettes ou autres documents recherchant une valorisation industrielle devrait être soutenue par un ensemble de documentalistes de haut niveau (qui existe dans le secteur privé). Ceux-ci devraient aider à la préparation des publications mais aussi assurer la valorisation de tout ce qui est produit au laboratoire.

Evolution des personnels techniques

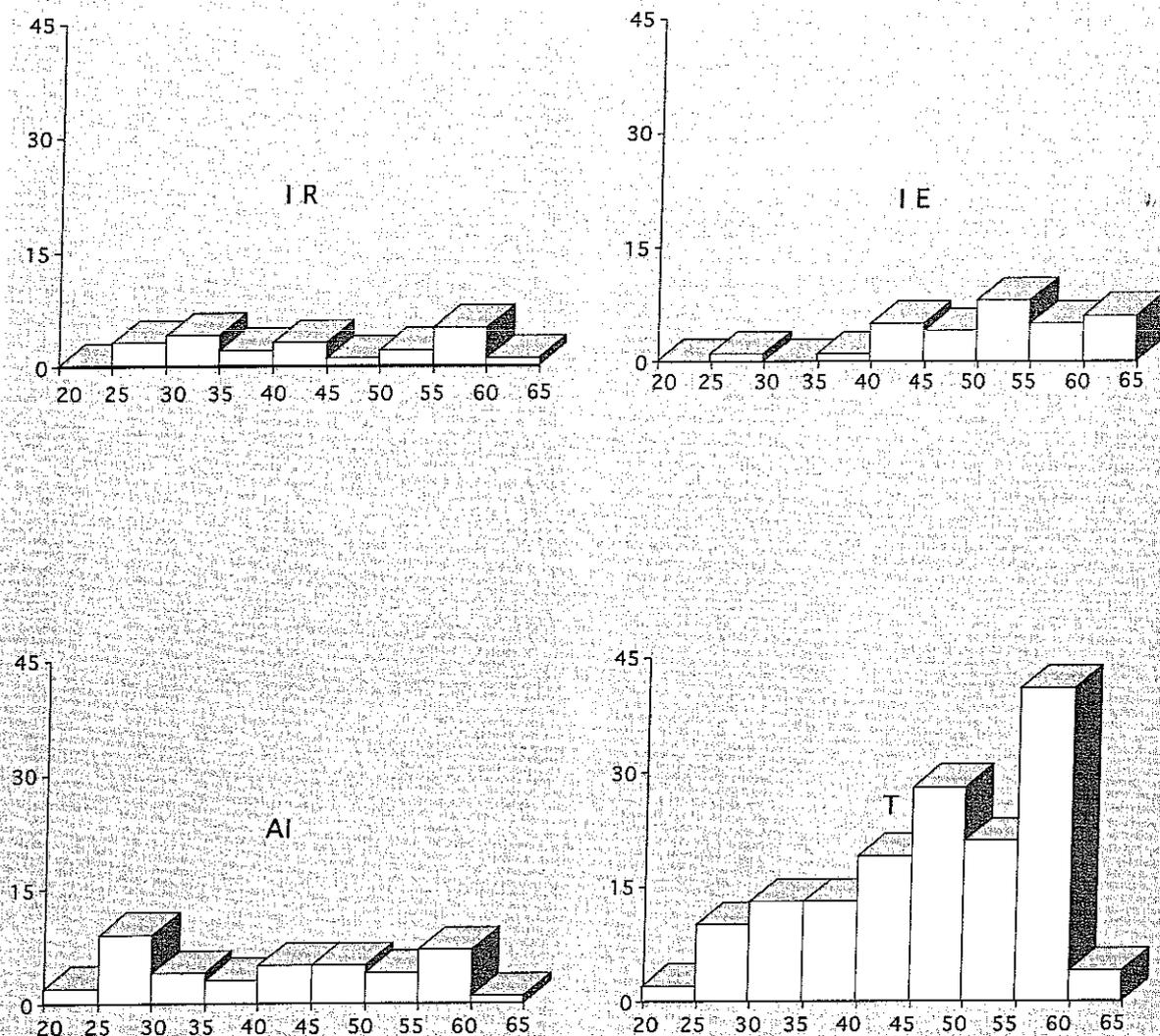


Figure 9 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 dans les différents corps de la BAP 3.

Evolution des personnels techniques

La pyramide des âges (figure 10) montre que 45% des personnels de la BAP 4 auront quitté l'IN2P3 dans les dix ans à venir. Il serait souhaitable que dans la bibliothèque de chaque laboratoire une personne de niveau IE ou AI prenne en charge ce rôle de documentation, de vulgarisation scientifique, et de valorisation. En outre, les méthodes d'édition scientifique vont changer très rapidement. Un à deux IR devraient constituer et gérer (de façon largement informatisée, avec la collaboration et l'aide du CC-IN2P3) le fonds commun à tout l'Institut.

On peut envisager d'arriver à la constitution d'un serveur informatique propre à l'IN2P3, chargé aussi bien de la diffusion des preprints que de l'archivage commun. Dans cette optique, une formation informatique et réseau sera essentielle ; mais aussi une responsabilisation : les documentalistes veillant à la pertinence des informations circulant sur les réseaux. L'édition électro-

d'une part, et la communication scientifique d'autre part. La pyramide des âges permet une politique ambitieuse de ce point de vue.

On pourrait prévoir l'évolution suivante:

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
Actuellement	3	5	8	35	14	65
A prévoir	3	12	10	10	0	35

BAP 5

Dans cette BAP, on peut séparer les personnels de haut niveau (IR, IE et AI), jouant un rôle de gestion comptable et/ou administrative, avec la répartition suivante :

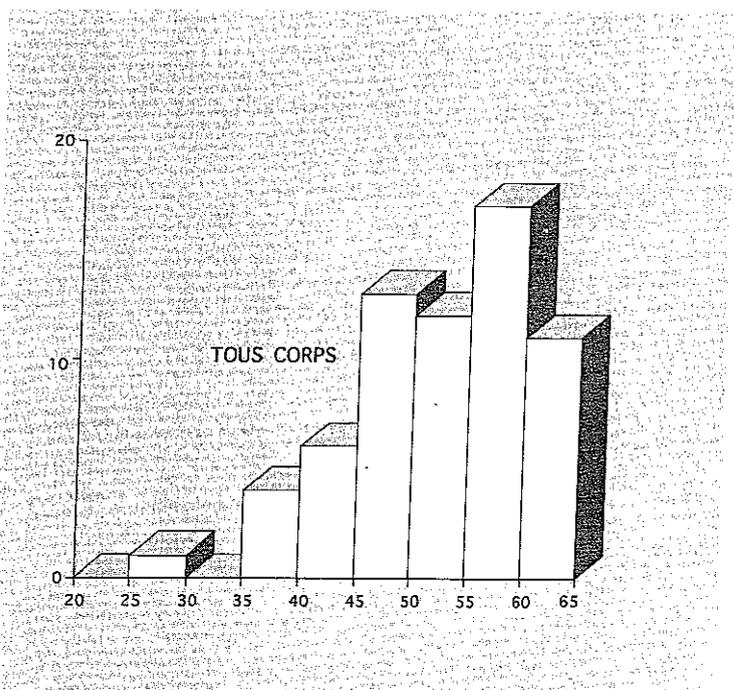


Figure 10 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 de la BAP 4

nique aura aussi des conséquences sur les secrétariats scientifiques (Cf BAP 5). En conclusion, on peut arriver à une quarantaine de personnes dans cette BAP, qui devraient se tourner résolument vers l'informatique

Tableau 10 : Population des personnels ITA (IR, IE, AI) de la BAP 5 dans les différents laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	Total
CCIN2P3	1			1
CENBG		1		1
CPPM	1	2		3
CRN	1	4	1	6
CSNSM		1	1	2
GANIL	2	2		4
IPN-Lyon		1		1
IPN-Orsay	2	3	4	9
ISN	1		1	2
LAL	1	5	3	9
LAPP	1	1	2	4
LNS	1			1
LPC-Caen				0
LPC-Clermont				0
LPC-Collège	2			2
LPNHE-P 6/7		1	1	2
LPNHE-X		1		1
SUBATECH	1			1
Total	14	22	13	49

Evolution des personnels techniques

Tableau 11 : Population des personnels ITA (T, SAR, AJT, AJA) de la BAP 5 dans les différents laboratoires de l'IN2P3.

	T	AJT	AGT	Total
CCIN2P3	1	2		3
CENBG	2	2		4
CPPM	5	3		8
CRN	28	8		36
CSNSM	7			7
GANIL	9	6		15
IPN-Lyon	3	2		5
IPN-Orsay	34	7		41
ISN	8	2		10
LAL	20	15		35
LAPP	10	3		13
LNS	1	1	1	3
LPC-CAEN	2	1		3
LPC-Clermont	1			1
LPC-Collège	2	1		3
LPNHE-P 6/7	6	2		8
LPNHE-X	5	2		7
SUBATECH	4			4
Total	148	57	1	206

Par exemple :

	IR	IE	AI	Total
Actuellement	14	22	13	49
A prévoir	12	10	13	35

On attend d'une informatique réussie qu'elle simplifie et supprime des tâches. Les secrétariats resteront sans doute ce qu'ils sont, mais l'intérêt du travail croîtra, et le travail de frappe/saisie de documents sera certainement rationalisé. On devrait pouvoir, en cessant à peu près tout recrutement dans cette branche d'activité, amener le nombre de techniciens de gestion scientifique au-dessous de 150 (contre 206).

Les méthodes de travail, dans cette BAP, changent rapidement. Les progrès de l'informatisation de la gestion (même si certains laboratoires doivent assurer une double gestion IN2P3 et Université, ou IN2P3 et DSM/CEA, ou encore emploi des services financiers importants lorsqu'ils assurent les mandatements), l'extension de la micro-informatique, sa mise en réseau surtout, devraient réduire certains chiffres, excessifs. C'est le cas également pour la saisie des textes scientifiques, dont les physiciens assurent maintenant une part croissante (première frappe, échange sur les réseaux informatiques...). Rappelons que nos laboratoires jouent un rôle pilote pour l'informatisation de la gestion (personnel, finances, missions...).

Les pyramides des âges (figure 11) montrent qu'un tiers des personnels de haut niveau et qu'un quart des techniciens seront partis dans dix ans. À la condition qu'un laboratoire de l'IN2P3 soit géré par au moins un IE (ce qu'exige la diversité des tâches, la lourdeur des relations avec les différentes tutelles, les innombrables dossiers pour faire connaître le laboratoire et attirer des supports financiers - songeons aux dossiers européens...) on devrait pouvoir amener le nombre des personnels de haut niveau à une trentaine.

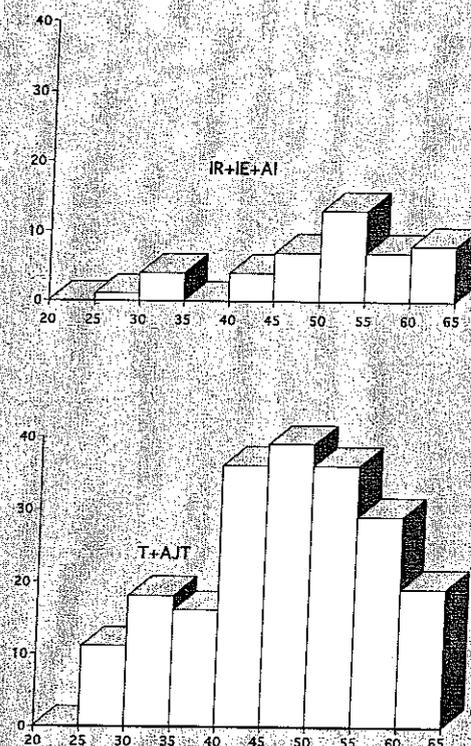


Figure 11 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 dans les corps de la BAP 5.

Evolution des personnels techniques

BAP 6

Cette BAP regroupe une grande diversité de métiers, concernant l'entretien, les bâtiments, le soutien logistique aux accélérateurs, la direction de travaux, mais aussi la radioprotection, l'hygiène et la sécurité... Elle se distribue de la façon suivante :

Tableau 12 : Population des personnels ITA de la BAP 6 dans les différents laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	AGT	Total
CC-IN2P3		1			3	2	6
CENBG							0
CPPM			1	1			2
CRN		1	2	3	4	1	11
CSNSM					1		1
GANIL		2	1	7	4	3	17
IPN-Lyon		1	1	2	1		5
IPN-Orsay	1	3	6	18	11	2	41
ISN			1	2			3
LAL	1	5	2	14	11	1	34
LAPP		1		2	3	1	7
LNS			1				1
LPC Caen			1				1
LPC Clermont							0
LPC-Collège	1			1	1	1	4
LPNHE-P 6/7				1	1	2	4
LPNHE-X					1		1
SUBATECH							0
Total	3	14	16	51	41	13	138

On remarque que T et AJT constituent les deux tiers de ces personnels (cette BAP renferme la totalité des AGT de l'IN2P3 !).

Dans les tableaux suivants, sont séparées les différentes fonctions de magasin, d'entretien, et de radioprotection.

MAGASIN

Certains magasins sont ouverts à plusieurs laboratoires de l'IN2P3, ou d'un campus. Le métier d'acheteur demande une grande expérience.

Tableau 13 : Population des personnels ITA de la BAP 6, principalement affectés à des tâches de magasin dans les laboratoires de l'IN2P3.

	IE	AI	T	AJT	AGT	Total
CRN			1	1		2
GANIL			2	1	1	4
IPN-Orsay	1	1	3	4		9
LAL			7	5		12
LAPP				1		1
LPNHE-X				1		1
Total	1	1	13	13	1	29

ENTRETIEN-BATIMENT

Certains laboratoires assurent des tâches de transport pour tout l'Institut (transports au CERN). Les métiers d'entretien couvrent aussi bien ceux du bâtiment que de garage, de soutien aux accélérateurs, de restauration. La variété des métiers peut expliquer les nombres. Serait-il possible de tout sous-traiter ?

Tableau 14 : Population des personnels ITA de la BAP 6 principalement affectés à des tâches d'entretien dans les laboratoires de l'IN2P3.

	IE	AI	T	AJT	AGT	Total
CC-IN2P3	1			3	2	6
CPPM		1	1			2
CRN-Strasbourg	1	2	2	3	1	9
CSNSM				1		1
GANIL	1	1	2	3	2	9
IPN-Lyon			2	1		3
IPN-Orsay	1	1	8	6	2	18
ISN-Grenoble			2			2
LAL	3	2	5	6	1	17
LAPP	1		2	2	1	6
LNS		1				1
LPC-Collège			1	1	1	3
LPNHE-P 6/7			1	1	2	4
Total	8	8	26	27	12	81

Evolution des personnels techniques

HYGIENE, SÉCURITÉ RADIOPROTECTION

Tableau 15 : Population des personnels ITA de la BAP 6 principalement affectés à des tâches de radioprotection et hygiène et sécurité dans les laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
GANIL		1	1	2		4
IPN-Lyon		1	1			2
IPN-Orsay	1	1	4	7	1	14
ISN			1			1
LAL	1	2		2		5
LPC-Caen			1			1
LPC-Collège	1					1
Total	3	5	7	11	1	28

Les tâches de radioprotection sont spécifiques, et indispensables à l'IN2P3 ; certains de leurs aspects les rapprochent des tâches de physiciens, comme on le voit avec les problèmes liés à la production et à la mise en oeuvre de faisceaux radioactifs à GANIL ou à PIA-FE. A l'IPN, le service de radio-protection a en outre la charge des films-badges pour une communauté plus large que l'IN2P3 et s'autofinance...

Dans cette BAP, 30% des techniciens auront quitté le CNRS dans les dix ans qui viennent (figure 12). De même pour 9 IE sur 12. La mise en commun de tâches d'infrastructure entre des laboratoires proches géographiquement peut optimiser celles-ci. Il est vraisemblable qu'une part des travaux d'entretien pourrait être sous-traitée et le nombre d'ITA amené à environ 50, de même qu'aux magasins on pourrait descendre à une quinzaine.

Par contre, les tâches d'hygiène et sécurité et de radioprotection n'autoriseront pas de réduction du nombre de leurs spécialistes : l'IPN d'Orsay assure la gestion et la lecture de badges individuels, Ganil n'a que quatre spécialistes et l'ISN un seul. Ces chiffres ne paraissent pas compatibles avec une saine gestion de la production et de l'accélération de faisceaux radioactifs. Le chiffre de 28 ne pourrait être maintenu que si une nouvelle distribution était réalisée.

On aboutit dans cette BAP aux prévisions suivantes, qui correspondent à un très faible volume d'embauches (mais au niveau IE) :

	IR	IE	AI	T	AJT	AGT	Total
Actuellement	3	14	16	51	41	13	137
A prévoir	3	10	14	68	0	0	95

BAP 7

Sa population est décrite par le tableau 16 :

Tableau 16 : Population des personnels ITA de la BAP 7 dans les laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
CC-IN2P3						
CENBG	2	2	1	1		6
CPPM	4		1			5
CRN	20	15	15	16	1	67
CSNSM	4	9	7	1		21
GANIL	12	4	8	5		29
IPN-Lyon	12	5	5	8	2	32
IPN-Orsay	19	5	16	29		69
ISN	7	1	8	13		29
LAL	16	5	9	7		37
LAPP	3	2	1			6
LNS	4	4	3	4		15
LPC-Caen	1	1				2
LPC-Clermont			1		1	2
LPC-Collège	2	1	1			4
LPNHE-P 6/7	1					1
LPNHE-X		1	1			2
SUBATECH		1				1
Total	107	56	77	84	4	328

Cette BAP, presque aussi peuplée que la BAP-2 (électronique), regroupe non seulement tous les concepteurs d'instruments (mécanique, magnétisme, vide, électrotechnique...), mais aussi les ingénieurs et techniciens chargés de la gestion, de la maintenance et de l'opération des accélérateurs.

Le nombre d'opérateurs s'est réduit avec celui des accélérateurs en fonctionnement (actuellement Ganil, Saturne, Vivitron, Tandem d'Orsay et Sara à Grenoble).

Evolution des personnels techniques

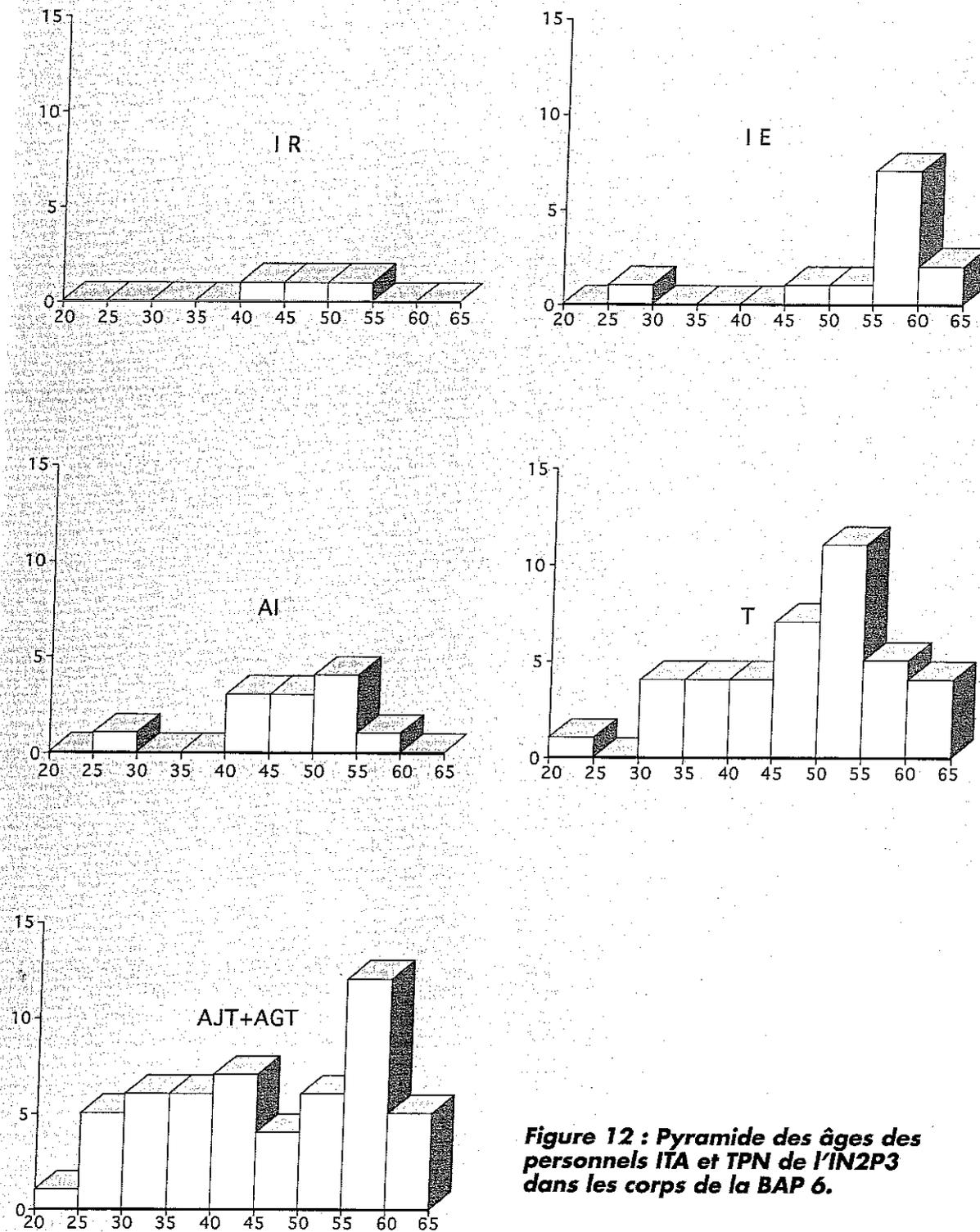


Figure 12 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 dans les corps de la BAP 6.

Evolution des personnels techniques

On remarquera qu'il a fallu les structures fortes de l'IN2P3, son organisation en grosses unités, pour pouvoir résorber adiabatiquement le personnel de conduite sur les accélérateurs qu'on fermait. Aux accélérateurs précédents s'ajoutent de petites machines, qui ont plutôt le fonctionnement classique d'appareils de laboratoire (Aramis au CSNSM, les Van de Graaf à Bordeaux et Lyon, l'accélérateur d'agrégats à Lyon). Nous détaillons ci-dessous les équipes attachées uniquement à la conduite d'un accélérateur :

TABLEAU 17 : PERSONNELS ITA AFFECTÉS À DES TACHES D'OPÉRATION D'ACCÉLÉRATEURS DANS DIFFÉRENTS LABORATOIRES DE L'IN2P3.

CENBG (Van de Graaf)	1 T
CRN (Vivitron)	10 T
CSNSM (Implanteurs + Séparateurs)	2 AI
IPN-Lyon (Implanteurs, RFQ)	3 T
IPN-Orsay : C.P.O.	1 IR, 5 AI
IPN-Orsay (Tandem)	11 T
ISN (Ensemble SARA)	2 AI + 7 T
Total	1 IR + 9 AI + 32 T

Une spécificité de l'IN2P3 est sa capacité à concevoir, construire, maintenir, améliorer ou développer des accélérateurs... Le groupe d'ingénieurs capables de construire un nouvel accélérateur a subi l'érosion du temps, et les techniques mises en jeu se sont profondément renouvelées. Le paragraphe IV est consacré à l'ensemble de ces personnels, qui se nourrit d'ailleurs à différentes BAP.

On remarque pour cette BAP 7 que les laboratoires de physique des particules ont une forte proportion d'ingénieurs de haut niveau, alors que les techniciens sont plutôt en majorité dans les laboratoires de physique nucléaire.

Cette BAP fournit de véritables chefs de projet, qui doublent les responsables physiciens et leur sont tout à fait indispensables. Dans leur rôle de concepteurs, ce sont de véritables chercheurs en instrumentation en même temps que les interlocuteurs indispensables à la définition des grands projets. Pour les grands détecteurs, on demande aux ingénieurs d'orienter les choix techniques, de proposer un projet, puis de veiller à sa réalisation.

Dans le domaine des accélérateurs, les champs d'activité se sont ouverts : c'est le cas, par exemple, des cavités et des cyclotrons supraconducteurs (Cf paragraphe V). La compétence du LAL est reconnue en matière d'accélérateurs (surtout la partie injecteur) d'électrons. Le projet TTF a permis au LAL et à l'IPN de s'insérer au sein d'une collaboration internationale (avec les Etats-Unis et l'Allemagne) et d'y acquérir des compétences sur des techniques nouvelles, auxquelles l'IN2P3, inter-

venant dans la construction du LHC, fera lourdement appel. Ceci implique pour l'IN2P3, à l'avenir, le maintien d'une activité de R & D sur des idées nouvelles. Enfin, l'IN2P3, via le LAL et le LAPP, est fortement impliqué dans le projet VIRGO, dont nombre de composants passent par de véritables prouesses techniques, et qui demande une organisation rigoureuse en matière de conception et de réalisation de prototypes.

Dans cette BAP, la pyramide des âges (figure 13) est particulièrement inquiétante : un tiers des personnels aura quitté le CNRS avant dix ans, dont plus de la moitié des IR. C'est le cas en particulier pour les constructeurs de Spiral (les derniers spécialistes de cyclotron) ou les ingénieurs en charge du Vivitron. Or, cette BAP participe à un pan essentiel de l'activité de l'Institut. Il serait choquant que l'IN2P3 ne soit plus capable de construire un accélérateur modeste, tel qu'un cyclotron. Il est tout à fait urgent d'assurer la relève (et la transmission de l'expérience) d'ingénieurs capables de construire un accélérateur ou un grand détecteur. Le projet TTF a offert un excellent terrain de formation sur les cavités cryogéniques et les hautes fréquences au GHz, domaine où il sera important de se maintenir. L'Institut a aussi obtenu, en matière de sources d'ions, de beaux succès, et acquis un savoir-faire valorisable... Le choix de la technologie ECR pour les sources d'ions radioactifs, qui demandera des efforts constants, permettra certainement d'accroître ce savoir-faire.

On a aussi besoin d'ingénieurs pour conduire une collaboration au plus haut niveau technique, lorsqu'il s'agit de construire de très grands détecteurs. Les réunions de collaboration impliquent des conversations serrées, souvent des confrontations, menées en anglais, au cours desquelles des solutions techniques doivent être avancées, et qui sont souvent décisives dans l'attribution d'une part des réalisations... Il s'agit d'une fonction de "manager" de projet ; cette fonction n'est guère remplie à l'IN2P3, et les leaders des grandes collaborations le déplorent.

Dans cette BAP, il apparaît donc urgent de maintenir l'effectif à son niveau actuel, au moins pour les ingénieurs. On peut proposer la distribution suivante :

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
Actuellement	107	56	77	84	4	328
A prévoir	120	60	80	60	0	320

Cette BAP est certainement l'une de celles où les besoins sont les plus forts : sur dix ans, il faudrait embaucher environ 60 IR, 25 IE et 30 AI.

Evolution des personnels techniques

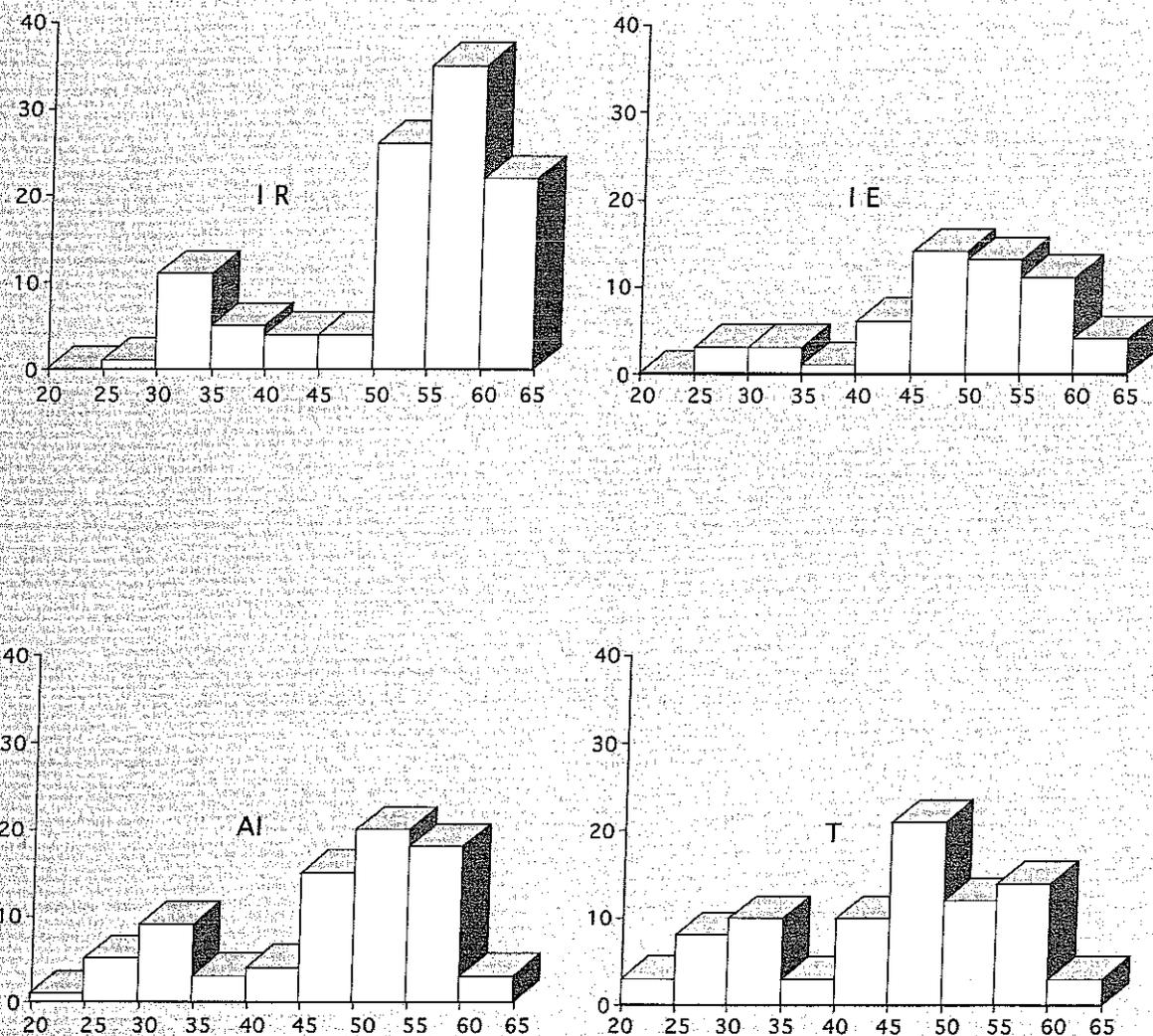


Figure 13 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 dans les corps de la BAP 7.

Evolution des personnels techniques

BAP 8 : CHIMIE

Le personnel de chimie à l'IN2P3 apparaît au tableau 18.

Seize personnes, dans l'IN2P3, ont une compétence reconnue en chimie. Celle-ci est importante, non seulement pour la recherche en soi, mais aussi pour préparer des cibles, extraire des radioéléments... L'IN2P3, en s'engageant dans un programme ambitieux (PRACEN) sur l'aval du cycle électronucléaire, fait appel à ces connaissances. L'effectif, dans ce cas, peut paraître faible et devrait en tout cas être maintenu, en contact étroit avec le Département des Sciences Chimiques. On tiendra compte du fait que 7 personnes seront certainement parties en retraite avant dix ans (figure 14).

Tableau 18 : Population des personnels de la BAP 8 dans les laboratoires de l'IN2P3.

	IR	IE	AI	T	AJT	Total
CEN-BG		1		2		3
CRN	3	1		2	1	7
IPN-Lyon		1				1
IPN-Orsay	2		2			4
ISN		1				1
Total	5	4	2	4	1	16

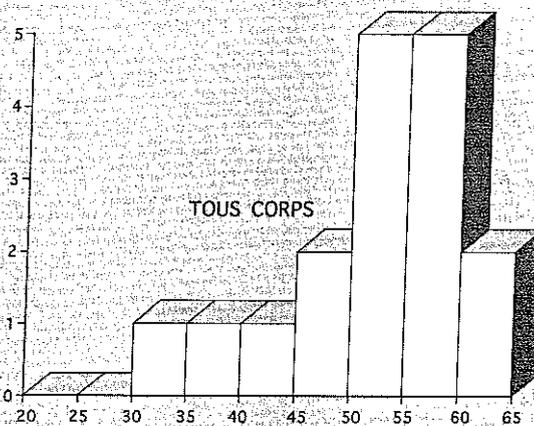


Figure 14 : Pyramide des âges des personnels ITA et TPN de l'IN2P3 dans les corps de la BAP 8.

Evolution des personnels techniques

SITUATIONS SPÉCIFIQUES À L'IN2P3

LE PERSONNEL «ACCÉLÉRATEURS»

Le tableau 19 liste les personnels spécialistes en matière d'accélérateurs.

Il s'agit ici de personnels concepteurs d'accélérateurs (mais dont certains n'assurent actuellement que l'exploitation), c'est-à-dire à qui l'on pourrait faire appel pour construire un nouvel accélérateur. Ces personnels représentent 16% de l'effectif IN2P3 en

Tableau 19 : Personnels de l'IN2P3 affectés ou susceptibles d'être affectés à des travaux de conception d'accélérateurs.

	IR	IE	AI	Total
CENBG	1 (BAP 7)		1 (BAP 7)	2 (BAP 7)
CRN-Strasbourg	6 (BAP 7)	5 (BAP 7)	5 (BAP 7)	16 (BAP 7)
CSNSM	3 (BAP 7)	6 (BAP 7)	6 (BAP 7)	15 (BAP 7)
GANIL- SPIRAL	1 (BAP 1)	1 (BAP 6)		1 (BAP 1)
	11 (BAP 7)	2 (BAP 7)		13 (BAP 7)
GANIL-Exploitation		2 (BAP 1)		2 (BAP 1)
	1 (BAP 2) 2 (BAP 7)	4 (BAP 2) 1 (BAP 7)	1 (BAP 2) 5 (BAP 7)	6 (BAP 2) 8 (BAP 7)
IPN-Lyon		1 (BAP 6)	1 (BAP 6)	2 (BAP 6)
	4 (BAP 7)		1 (BAP 7)	5 (BAP 7)
IPN-Orsay-Cryogénie			1 (BAP 2)	1 (BAP 2)
	2 (BAP 7)		1 (BAP 3) 2 (BAP 7)	1 (BAP 3) 4 (BAP 7)
IPN-Orsay-CIME (SPIRAL) + Radioprotection	1 (BAP 1)		1 (BAP 1)	2 (BAP 1)
	1 (BAP 2)		2 (BAP 2)	3 (BAP 2)
	2 (BAP 3)	1 (BAP 3)	3 (BAP 3)	6 (BAP 3)
	1 (BAP 6) 5 (BAP 7)	1 (BAP 6) 1 (BAP 7)	1 (BAP 6) 3 (BAP 7)	3 (BAP 6) 9 (BAP 7)
IPN-Orsay-Cavités	2 (BAP 2)	2 (BAP 2)	2 (BAP 2)	6 (BAP 2)
	4 (BAP 7)	1 (BAP 3)	1 (BAP 7)	1 (BAP 3) 5 (BAP 7)
IPN-Orsay-Tandem			3 (BAP 2)	3 (BAP 2)
	2 (BAP 7)		1 (BAP 7)	3 (BAP 7)
LAL	1 (BAP 1)	1 (BAP 1)		2 (BAP 1)
	2 (BAP 2)	3 (BAP 2)	2 (BAP 2)	7 (BAP 2)
	8 (BAP 7)	1 (BAP 7)	1 (BAP 7)	10 (BAP 7)
ISN-Grenoble	1 (BAP 1)			1 (BAP 1)
	1 (BAP 2)	2 (BAP 2)	4 (BAP 2)	7 (BAP 2)
	5 (BAP 7)	1 (BAP 3)	1 (BAP 7)	1 (BAP 3) 6 (BAP 7)
Total	67 IR	36 IE	49 AI	152
	4 (BAP 1)	3 (BAP 1)	1 (BAP 1)	8 (BAP 1)
	7 (BAP 2)	11 (BAP 2)	15 (BAP 2)	33 (BAP 2)
	2 (BAP 3)	3 (BAP 3)	4 (BAP 3)	9 (BAP 3)
	1 (BAP 6)	3 (BAP 6)	2 (BAP 6)	6 (BAP 6)
53 (BAP 7)	16 (BAP 7)	27 (BAP 7)	96 (BAP 7)	

Evolution des personnels techniques

ingénieurs. Compte tenu des projets (LHC, TTF, ELFE, SPIRAL, PIAFE, amélioration du VIVITRON), ce chiffre ne paraît pas surdimensionné, surtout si on remarque que bon nombre d'entre eux prendront leur retraite (figure 15) dans les cinq années à venir (et pour certains spécialistes de cyclotron, avant la fin de la construction de CIME). En outre, l'évolution des techniques auprès des accélérateurs est rapide, et demande donc d'être suivie de près ; par exemple, commande-contrôle, cryogénie, hautes fréquences, sources. L'essentiel des renouvellements de postes a été discuté avec la BAP-7 (qui fournit la majorité de ces personnels). Ce personnel a aussi contribué à maintes réalisations pour d'autres secteurs de physique: ceci apparaît à l'annexe (Grandes réalisations de l'IN2P3).

Trois domaines ont été désignés, qui sont moins liés à des programmes en cours que susceptibles de prendre une importance stratégique considérable : les techniques d'accélération, la cryogénie et les nouveaux détecteurs. Ces techniques, difficiles, ne sont jamais acquises une fois pour toutes, car elles évoluent rapidement. Il n'est pas possible ici de se contenter de veille technologique ; il faut un projet, dont on réalise au moins une maquette, sur laquelle on teste des solutions. C'est pourquoi tous les travaux esquissés ici sont attachés à des objectifs précis, même si les projets correspondants ne sont pas encore approuvés en totalité.

LES TECHNIQUES D'ACCELERATION

L'ELECTROSTATIQUE

Le Vivitron constituera pour plusieurs années encore le banc d'essai de ces techniques. Le vieillissement de l'équipe du CRN n'en est que plus inquiétant.

LES CAVITES ACCÉLÉRATRICES

La méthode choisie paraît excellente : la participation aux projets GECS et TTF a permis aux équipes de l'IPN et du LAL (au sein de collaborations internationales avec l'Allemagne et les Etats-Unis), d'acquérir et de mettre en oeuvre les techniques les plus modernes. La participation de ces équipes à la construction de TTF à Hambourg, puis à l'évaluation de ses performances, permettra de suivre ce domaine. La réflexion se poursuit sur la conception de cavités moins coûteuses. En outre, le Service d'études et de réalisations d'accélérateurs (SERA) du LAL collabore depuis peu au projet CTF (CLIC Test Facility) du CERN.

LES SOURCES D'IONS

A Ganil et à l'ISN se trouvent d'incontestables

compétences sur les sources ECR, qui se développeront encore avec le travail sur la production de faisceaux d'ions radioactifs. Le groupe de Ganil (qui comprend d'ailleurs un certain nombre d'ingénieurs et techniciens CEA) manque plus d'exécutants que d'ingénieurs. Celui de Grenoble paraît bien maigre numériquement (même s'il bénéficie du support local du CENG).

LES SOURCES D'ELECTRONS

Le programme SELPO de source d'électrons polarisés est considéré à l'IPN comme terminé. Au LAL, un important travail de R & D a été mené sur les sources sub-picosecondes déclenchées par laser (projet CANDELA), qui intéressent les collisionneurs très haute énergie du futur, mais aussi des domaines plus appliqués. Enfin, on a déjà dit que le LAL et l'IPN d'Orsay collaborent avec la DSM/CEA pour tout l'ensemble de l'injecteur de TTF, actuellement en construction sur le site de DESY (livraison fin 95).

LES CYCLOTRONS

Les spécialistes de cyclotron, à Ganil et à l'IPN d'Orsay, définissent et construisent SPIRAL. On a déjà remarqué l'âge trop élevé de ce groupe. Y a-t-il des perspectives de valorisation ? Il est vraisemblable que les spécialistes qui ne partiront pas immédiatement en retraite se regrouperont au Ganil, où la conduite des faisceaux radioactifs (peu intenses) posera des problèmes intéressants.

En conclusion, le SERA au LAL, ainsi que le groupe de l'IPN qui a réalisé AGOR et est maintenant chargé, avec l'équipe du Ganil, du cyclotron CIME pour SPIRAL, représentent sans doute l'équipe (et l'équipement) minimum dont l'Institut a besoin pour conserver l'acquis et faire des propositions. Une difficulté à éviter est évidemment d'essayer de suivre toutes les techniques nouvelles et de se disperser. L'IN2P3 fera certainement lourdement appel à ces compétences lorsqu'il faudra fournir la contribution supplémentaire en main-d'oeuvre à la construction du LHC. Enfin les spécialistes d'accélérateurs sont aussi consultés par les chercheurs d'autres disciplines et constituent une référence.

LA CRYOGÉNIE

Les techniques cryogéniques sont maintenant étroitement associées aux techniques d'accélération. Les compétences de l'IN2P3 sont concentrées au Service de basses températures de l'IPN d'Orsay (1 AI BAP 2, 2T et 1AI BAP 3, 1AI, 1 IE et 2 IR BAP 7). Trois d'entre eux (dont un IR et un IE) sont âgés de 58 ans ou plus,

Evolution des personnels techniques

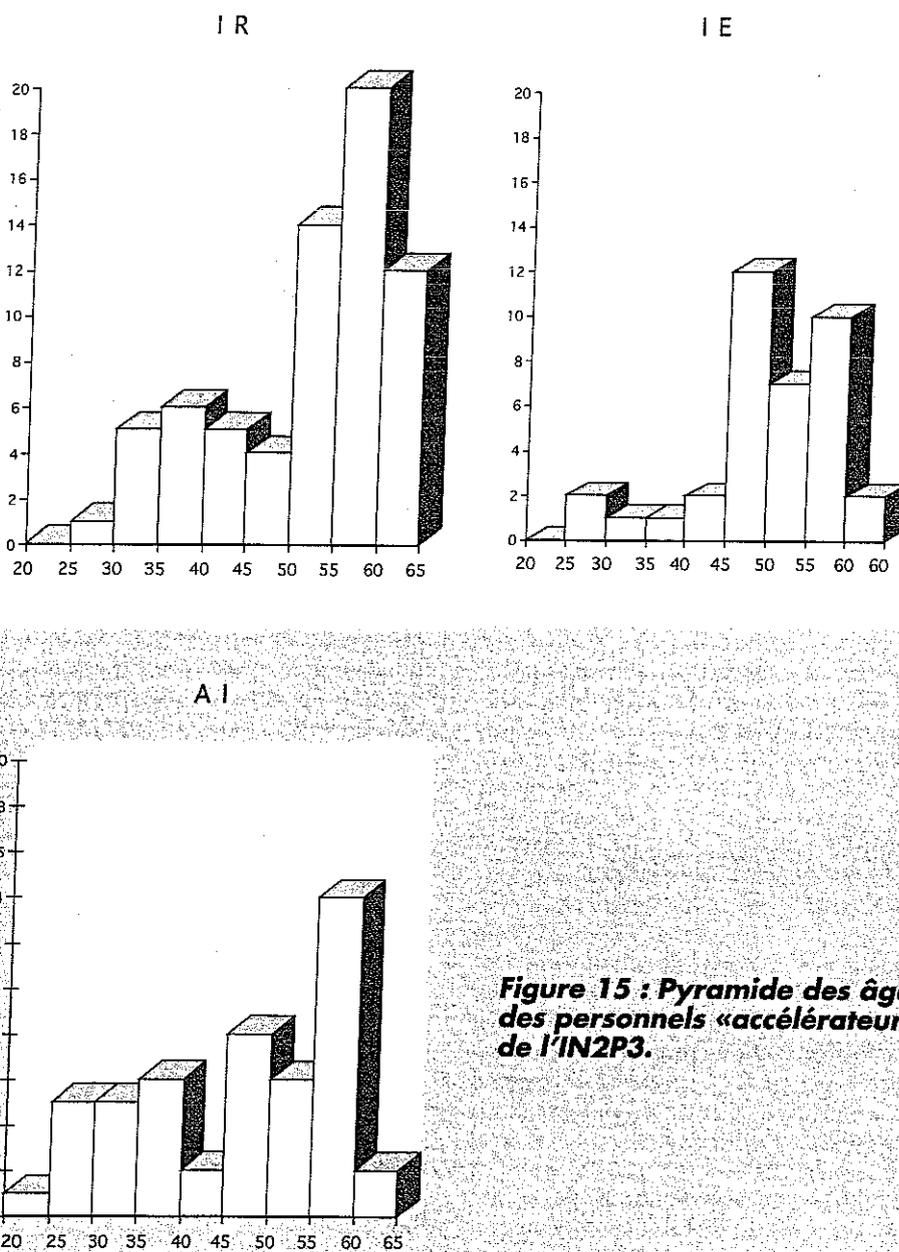


Figure 15 : Pyramide des âges des personnels «accélérateurs» de l'IN2P3.

Evolution des personnels techniques

et devront impérativement être remplacés si on veut maintenir l'existence de ce groupe.

Celui-ci a récemment réalisé la cryogénie (bobines et éléments d'extraction) du cyclotron AGOR. Il maintient et accroît ses compétences en travaillant à plusieurs projets :

- réalisation d'une cible polarisée pour l'expérience Graal (polarisation à 10 mK sous 15 à 17 T),
 - fabrication et calibration de sondes de mesure à très basse température pour le LHC,
 - accompagnement de toute la cryogénie pour les projets d'accélération par cavités supraconductrices (TTF/ELFE),
 - réalisation de cryostats de simulation pour l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS) d'Orsay.
- L'IN2P3, dans sa contribution à la construction du LHC, fera appel à ces compétences.

Ces projets représentent une charge de travail largement suffisante pour ce petit groupe et assurent le maintien de son expérience. Celle-ci se perdrait sans réalisations.

Ce groupe s'intéresse aussi aux nouveaux supraconducteurs à haute température et réalise déjà des projets dans ce domaine. Mais son expérience se situe surtout dans la fourniture d'ensembles fonctionnant au voisinage et au-dessus de 1,8K. Les réalisations sont sous-traitées, ou des sous-ensembles achetés, qu'on assemble ensuite et intègre les uns aux autres.

Les personnels des centres CEA de Saclay et Grenoble, peut-être plus nombreux, sont eux aussi fort occupés en particulier dans des domaines de physique (matière condensée, détecteurs, grands aimants pour les détecteurs de la physique des particules...). Il apparaît qu'un partage des tâches a pu être trouvé.

NOUVEAUX DÉTECTEURS

C'est une part de l'activité du physicien expérimentateur que de surveiller l'apparition de nouveaux matériaux détecteurs et de leur trouver des applications. Plusieurs domaines apparaissent particulièrement prometteurs :

LA BOLOMÉTRIE

C'est le domaine des techniques ultimes, qui demande un très fort couplage avec la physique des solides, la cryogénie, etc... De très gros efforts sont faits, actuellement, pour que les bolomètres soient également capables de fournir des indications de temps (double détection). Cette technique est actuellement suivie par la collaboration Edelweiss (recherche de matière noire non baryonique). Les physiciens demanderont, au fur et à mesure des expériences, des dispositifs de plus en

plus sophistiqués et les ingénieurs capables de les fournir sont en nombre insuffisant (c'est aussi le cas au CEA). Les résultats dans ce domaine dépendent fortement de nos collaborations avec SPM et avec le CEA/DSM.

LE SILICIUM

Contrairement aux bolomètres, il peut s'agir de couvrir de très grandes surfaces de détecteurs ; le travail de recherche porte ici sur une intégration de plus en plus poussée (ou comment incorporer l'électronique au matériau détecteur lui-même). Cette recherche représente une partie des activités d'électronique analogique déjà mentionnées, en particulier dans plusieurs laboratoires de physique des particules. On a déjà dit l'importance qu'il fallait attacher à ce sous-domaine de l'électronique.

LA CALORIMÉTRIE CRYOGÉNIQUE

C'est le domaine des concepteurs de très grands détecteurs (calorimètres à Ar liquide, etc...). La cryogénie elle-même, comme il a été dit plus haut, est plutôt réalisée au CEA et le "design" et le montage par nos laboratoires.

LES DÉTECTEURS GERMANIUM

Ils concernent la détection de rayonnement gamma de faible énergie. Le travail est surtout basé à Strasbourg (Eurogam, Euroball). La recherche porte sur une augmentation de la granularité (segmentation des Ge) et du volume des détecteurs. La participation des physiciens à la R & D se fait essentiellement par de la simulation, en amont de la fabrication, et par des tests en aval. La collaboration entre le CRN, et les laboratoires LEPSI (micro-électronique) et Phase (nouveaux matériaux détecteurs) peut fournir un exemple des synergies à rechercher sur un campus universitaire.

Enfin, il serait dommage de ne pas citer VIRGO, sur lequel l'IN2P3 a prouvé sa capacité à prendre en charge un projet de grande taille, requérant des techniques poussées à leurs limites ultimes même si elles se situent souvent hors du domaine reconnu de l'IN2P3.

En conclusion, ces activités font partie du travail des équipes sur les accélérateurs et les détecteurs. Elles ne méritent pas de traitement spécial, et ne diffèrent des autres que par l'éloignement des échéances. Mais elles alimentent des projets, et sont trop difficiles pour qu'on puisse rester un temps en les ignorant.

LA FORMATION PERMANENTE

Les efforts d'équipement technique mentionnés au paragraphe I, et de structuration en équipes cohérentes s'accompagnent d'une formation constamment encouragée. Celle-ci a deux objectifs : mise au niveau de la technologie la plus moderne, et aussi aide à certaines situations individuelles des agents. C'est dire qu'elle est une impérieuse nécessité.

On pourrait d'ailleurs s'inquiéter du fait que la comparaison de nos politiques de formation avec celles des grands groupes privés n'est pas toujours à l'avantage du CNRS....

La formation permanente à l'IN2P3 repose sur deux types d'action d'une importance à peu près égale (en nombre d'heures-agents et en coût) :

LE PLAN DE FORMATION

Le plan de formation permanente du laboratoire est élaboré en liaison avec sa Délégation régionale. Les suggestions du laboratoire sont incorporées à un ensemble beaucoup plus large (pour recouvrir celles de tous les départements) : d'où le caractère plutôt généraliste de ces formations. Celles-ci sont parfaites pour des apprentissages en techniques administratives, bureautique, langues, connaissance du CNRS... et aussi pour des formations générales en électronique et informatique.

LES ÉCOLES THÉMATIQUES

L'IN2P3 fait porter ses efforts sur les écoles thématiques qu'il organise. Celles-ci rassemblent ses personnels techniques sur des sujets en évolution rapide, que l'on veut introduire massivement dans l'Institut (électronique durcie en prévision du LHC, procédés mécaniques nouveaux, etc...). Il s'agit aussi d'enseigner ce qui ne s'apprend généralement pas - ou ne s'apprend que rarement - en groupe, et de transmettre une expérience.

Le public de ces écoles est en moyenne de niveau Bac + 2 ; si une mise à niveau est nécessaire, celle-ci pourra être obtenue grâce aux plans de formation des laboratoires. Les écoles sont très appréciées de leurs auditeurs qui en reviennent... savants, motivés et, last but not least, conscients d'appartenir à un ensemble qui se soucie d'eux. Un fonds commun de connaissances se

constitue. En particulier, des écoles sur les accélérateurs, de niveau préparatoire à celles du CERN, ont lieu tous les deux ans ; malheureusement, comme nous l'avons vu, le public susceptible de les suivre se réduit.

Des écueils (usuels...) devraient être évités dans les écoles thématiques : sessions trop longues pour cours trop encyclopédiques, exposés sur des sujets trop étroits ne concernant qu'un trop faible nombre d'auditeurs, enfin choix de conférenciers au sein du seul IN2P3.

Lorsque des sujets intéressants d'autres départements sont identifiés, ces écoles sont organisées en commun (exemple : école thématique sur la conduite des grands projets, IN2P3 et INSU).

Un autre type d'action spécifique à l'IN2P3 est la formation aux logiciels de CAO-IAO qui a généralement lieu chez les concepteurs des grands logiciels.

On a vu plus haut l'importance que la formation permanente va revêtir dans les années à venir, si l'on veut amener les personnels à relever les défis auxquels est confronté l'IN2P3. On compte sur la formation permanente lorsqu'on veut modifier, certes progressivement, le profil des technicités à l'IN2P3. Toutefois, on doit aussi essayer de se placer du point de vue du technicien et de l'ingénieur. Il est toujours valorisant de recevoir une formation ; mais ceci demande aussi des efforts personnels qui doivent être soutenus au sein du laboratoire et de l'organisme.

La façon dont se déroulent les concours de sélection professionnelle, les propos qui y sont tenus, sont quelquefois décourageants, en tout cas guère cohérents avec le souci de préparer le CNRS aux années futures. Le temps qui s'écoule entre un effort intense de formation et sa récompense matérielle est souvent bien long. Ne pourrait-on pas coupler systématiquement un certain nombre de primes (PPRS) aux efforts de formation ? Les entretiens individuels avec les personnels devraient faire apparaître (si elles ne sont déjà connues) les situations les plus urgentes, les personnalités à encourager.

On devrait rechercher l'établissement de contrats, passés entre l'IN2P3 et un certain nombre de ses ingénieurs et techniciens, ou même avec un laboratoire, en vue de formations longues, mais qui apparaissent indis-

Evolution des personnels techniques

pensables à l'Institut. Les fiches individuelles de carrière devraient comporter systématiquement une rubrique formation. En un mot, la formation et l'avancement des personnels devraient apparaître comme une part de la vie de l'organisme, à surveiller au même titre que l'exécution des budgets et des projets.

On a vu ci-dessus que l'Institut va perdre très rapidement bon nombre de ses meilleurs ingénieurs. Avant qu'ils n'aient perdu contact avec la recherche, on pourrait certainement (on l'a déjà fait pour certains) leur demander de participer à nos écoles thématiques. De surcroît, il n'est pas raisonnable qu'un ingénieur en fin de carrière ait à porter seul un projet. De même qu'on comprend parfaitement qu'il doive se préparer, sur le plan psychologique, à sa retraite, le laboratoire ne devrait-il pas lui aussi s'y préparer en s'employant à recueillir son expérience, et en le soulageant des urgences ?

Comme l'Institut a organisé une journée particulière, pour familiariser ses "Nouveaux Entrants" avec ses structures, il serait souhaitable que ceux-ci puissent recevoir une formation large, mais expliquant en termes simples quels sont les grands thèmes de la recherche dans nos disciplines, pour mieux comprendre les motivations des chercheurs.

La formation permanente aura un rôle absolument essentiel dans les prochaines années. La proportion de techniciens et même d'adjoints-techniques reste trop élevée à l'IN2P3, et ces fonctions sont encore occupées par des personnes relativement jeunes. Il ne s'agit pas de diminuer leur nombre par principe, mais on peut certainement ajouter à l'expérience de ces personnels une formation bien encadrée ; le CNRS devrait avoir, mieux que tout autre, la possibilité de trouver dans ses rangs des pédagogues, et la vocation pour un tel effort de formation.

Certes, on ne peut pallier à tout par la formation permanente. Celle-ci est absolument nécessaire, pas suffisante. Il restera indispensable d'embaucher des spécialistes à haut niveau, particulièrement en informatique, électronique, construction mécanique, bureau d'études... Mais elle aidera certainement à résorber l'excédent de techniciens, ou même d'AJT.

Les échanges entre les divers laboratoires de l'IN2P3 sont faciles et courants. Cependant, il serait utile d'envisager qu'un ingénieur nouvellement embauché, ou confronté à un projet difficile, passe quelques mois auprès de l'un ou l'autre de ces ingénieurs de haut niveau dont le départ en retraite est tellement redouté.

PROPOSITIONS EN GUISE DE CONCLUSION

L'étude qui précède voulait faire apparaître plusieurs aspects de la situation à l'IN2P3, en ce qui concerne ses moyens techniques. D'une part, *le très haut niveau de technicité* observé doit absolument être maintenu (informatique, électronique, bureau d'études, instrumentation). Ceci tient à la nature des équipements et des recherches dans le domaine : la réalisation d'un accélérateur, ou d'un très grand détecteur, demande d'associer de nombreuses techniques poussées à leurs limites (songer à Virgo). D'autre part, *une très forte structuration des équipes*, associées transversalement (c'est-à-dire sur plusieurs laboratoires) à un projet, et une taille toujours importante des collaborations sont systématiquement observées. Et on prévoit qu'au fil des années, les évolutions techniques en matière d'instrumentation se poursuivent ; la concentration sur des expériences coûteuses s'accroît (bien qu'un des buts de la R & D soit précisément de faire baisser ces coûts) ; les problèmes d'organisation deviennent plus aigus, et on a vu récemment (LHC) que des choix à long terme peuvent avoir des implications immédiates lourdes sur la charge de travail. Enfin, la *très rude compétition internationale* ne se laissera pas oublier : ne pas participer à l'élaboration des instruments de physique, ou, ce qui est équivalent, ne pas pouvoir proposer les solutions techniques les meilleures du moment, c'est, à court terme, voir son rôle dans la collaboration se réduire à celui d'un spectateur, et à long terme se marginaliser.

On aura donc besoin de personnel de niveau très élevé, de concepteurs maîtrisant les techniques les plus modernes, et aussi de chefs de projet, véritables animateurs techniques qui sachent convaincre du bien-fondé de leurs propositions et de leurs choix.

Après analyse des tâches des personnels techniques, on a recherché, en proposant des réorientations, *une évolution qui prenne en compte l'existant, et qui ne compte pas sur des miracles budgétaires*. Les ambitions de l'IN2P3, les choix déjà faits, l'orientation générale du travail en physique nucléaire et des particules demandent que l'Institut accroisse fortement la technicité de tout son personnel technique. Il ne s'agit pas seulement du recrutement de quelques ingénieurs de haut niveau sur contrat à durée déterminée ; compte tenu de l'extinction programmée du cadre TPN, il s'agit d'une part du renouvellement d'une proportion importante du

personnel ingénieur, d'autre part d'un investissement massif, à long terme, qui maintienne le travail de conception et de création au meilleur niveau international. Une conséquence est la diminution du nombre de techniciens et d'agents techniques ; celle-ci entraîne un recours de plus en plus grand à la sous-traitance, elle impliquera donc des dépenses que les laboratoires n'avaient pas encore l'habitude de supporter. Des propositions ont été faites, BAP par BAP, pour aller dans cette direction et accroître les qualifications dans chacune d'elles. Elles sont résumées dans les tableaux ci-dessous et schématisées figure 16.

Cette politique doit donc se renforcer par un effort énergique en direction de la formation permanente : les écoles thématiques nourrissent curiosité, compétence et motivation. Mais il faut rechercher parmi nos personnels ceux qu'une formation longue peut amener à conduire des tâches plus importantes. Un contrat passé entre l'IN2P3, le laboratoire et le technicien ou l'ingénieur, devrait encourager de tels efforts. Ceci suppose évidemment que l'IN2P3 ait quelque chose à offrir... c'est-à-dire dispose au moins de prévisions à moyen terme sur ses possibilités en matière de personnels. L'attribution de postes aux laboratoires pourrait être couplée, d'une part aux engagements de celui-ci, d'autre part, à un plan de renouvellement et de formation du personnel technique. Ce couplage se met en place, mais a été trop soumis aux à-coups de la politique budgétaire.

La position des ingénieurs de recherche soulève des questions délicates : compte tenu du rôle, pour certains, de chercheurs en instrumentation, sachant que la distinction ingénieur-chercheur n'est pas toujours facile à tracer (et n'existe même pas dans d'autres organismes), la politique volontariste (les 3%) appliquée au recrutement des chercheurs ne devrait-elle pas être étendue à celui des ingénieurs de recherche ? Ne devraient-ils pas, juste après l'embauche, se former auprès de grands anciens, mieux connaître et mieux partager avec l'ensemble des laboratoires de l'IN2P3 ? Comment concilier leur rôle essentiel dans un projet donné (souvent une collaboration entre plusieurs laboratoires) et leur place de pivot d'un laboratoire ? L'IN2P3 est arrivé jusqu'ici à maintenir la double appartenance à un projet et à un laboratoire.

Evolution des personnels techniques

SITUATION ACTUELLE

	IR	IE	AI	T	AJT	AGT	TOTAL
Bap 1	100	61	31	31	3		226
Bap 2	82	68	93	116	19		378
Bap 3	21	34	39	153	12		259
Bap 4	3	5	8	35	14		65
Bap 5	14	22	13	148	57	1	255
Bap 6	3	14	16	51	41	13	138
Bap 7	107	56	77	84	4		328
Bap 8	5	4	2	4	1		16
Total	335	264	279	622	151	14	1665

EVOLUTION SOUHAITEE A DIX ANS

	IR	IE	AI	T	TOTAL
Bap 1	110	60	30	10	210
Bap 2	100	70	90	50	310
Bap 3	35	25	50	90	200
Bap 4	3	12	10	10	35
Bap 5	12	10	13	150	185
Bap 6	3	10	14	68	95
Bap 7	120	60	80	60	320
Bap 8	5	5	0	5	15
Total	388	252	287	443	1370

Cette baisse sensible du nombre total des personnels techniques conduirait du fait de la requalification des emplois, à une baisse moindre, de 10 % environ, de la masse indiciaire.

Rappelons aussi que toute nouvelle embauche, dans un laboratoire, est ressentie comme une aide, le résultat d'un jugement et un encouragement. Il ne paraît guère possible, dans ces conditions, de se contenter d'un ou deux mois d'observation d'un futur embauché avant qu'un concours décide de sa présence au CNRS sur une période qui peut se compter en dizaines d'années.

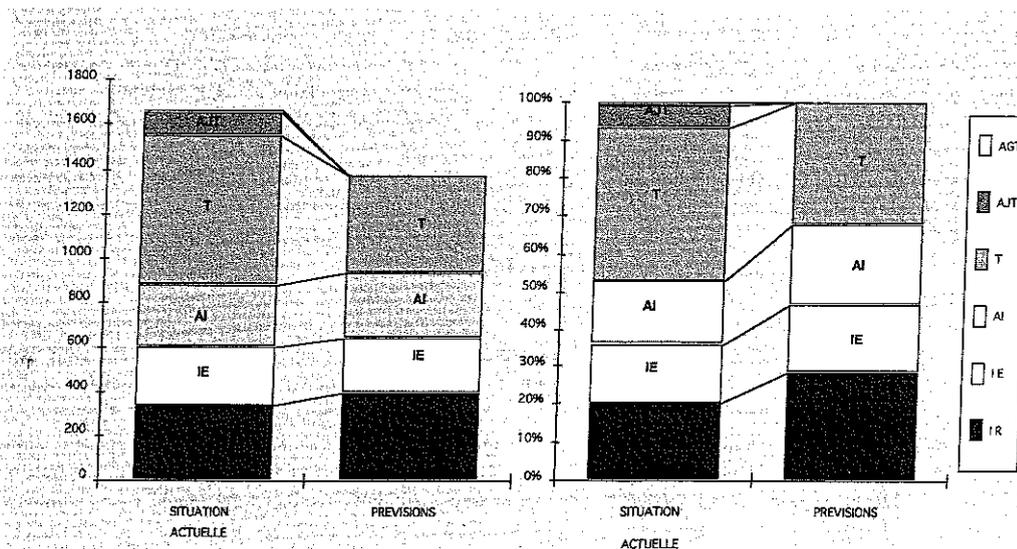


Figure 16 : Situation actuelle et prévision des effectifs de l'IN2P3 (nombres et pourcentages)

GRANDES RÉALISATIONS TECHNIQUES À L'IN2P3

RÉALISATIONS EN MATIÈRE D'ACCÉLÉRATEURS

AU LNS

- MIMAS, synchrotron injecteur pour SATURNE
- Source d'ions lourds DIONE
- Cibles polarisées et cibles liquides de H et D, en particulier pour CE-BAF et NIKHEF
- Mesures d'aimants pour l'ESRF et NIKHEF
- Contributions à l'étude du projet SOLEIL (injecteur et booster).

AU GANIL

- Développement de sources d'ions ECR, en particulier source de plomb du CERN
- Opération Très Haute Intensité
- Dispositif SISSI (production de faisceaux exotiques de haute énergie)
- Projet SPIRAL d'accélération de faisceaux exotiques.

À L'IPN-ORSAY

- Construction du cyclotron supraconducteur de 200 MeV AGOR pour le laboratoire KVI de Groningen (Pays-Bas)
- Etude et réalisation du cyclotron CIME pour le projet SPIRAL
- Participation au Groupe d'étude sur les cavités supraconductrices (GECS) et à la maquette MACSE d'accélérateur d'électrons
- Construction de la source d'électrons polarisés SELPO
- Accélération d'agrégats métalliques à haute énergie.

À L'IPN-ORSAY ET AU LAL

- Participation au projet TESLA,

prototype de collisionneur supraconducteur d'électrons à très haute énergie et à la maquette TTF (injecteur, cavités et cryostat de capture, instrumentation faisceau).

AU LAL

- Réalisation de l'injecteur du laser à électrons libres CLIO pour le LURE
- Injecteur LIL pour le LEP du CERN
- Projet CANDELA : canon HF à photocathode
- Etude du projet ELYSE (recherche en chimie sous rayonnement).

AU CSNSM

- Réalisation de l'implanteur haute énergie ARAMIS et installation d'un microscope électronique en ligne.
- Réalisation de l'accélérateur PAPAP (1mA, protons à 250 keV pour l'astrophysique).

AU CENBG

- Construction d'une microsonde nucléaire auprès du VDG.

AU CRN

- Participation à la construction de l'accélérateur AGLAE (Laboratoire de recherche des musées de France)
- Construction du VIVITRON.

À L'IPN-LYON

- Montage et mise au point du quadropole radioFréquence pour l'accélération d'agrégats
- Construction d'un implanteur 400 kV.

À L'ISN

- R & D sur le projet PIAFE (accélération de produits de fission au réacteur de l'Institut Laue-Langevin).

RÉALISATIONS AU CENTRE DE CALCUL DE L'IN2P3

- Ferme de stations BASTA : simulation sans I/O
- ANASTASIE : Calcul sous UNIX à grand nombre d'I/O
- BAHIA : Accueil sous UNIX
- DATASERV : Accueil sous UNIX
- Robotisation
- DIVA : média.

RÉALISATIONS DE GRANDS DÉTECTEURS DE LA PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET DES PARTICULES

AU GANIL

- Réalisation de la ligne LISE : (Ganil, CENBG, IPN-Orsay)
- Multidétecteurs de l'ensemble Nautilus (Ganil, LPC-Caen, CRN, Subatech)
- Multidétecteur de particules chargées INDRA (Ganil, LPC-Caen, IPN-Orsay)
- Multidétecteur de photons gamma TAPS (collaboration France-Allemagne-Pays-Bas-Espagne)
- Multidétecteur de neutrons ORION (Ganil)
- Multidétecteur de neutrons DEMON (CRN-Strasbourg, LPC Caen)

AU VIVITRON

- Réalisation du multidétecteur Château de Cristal (CRN, IPN-Orsay)

Evolution des personnels techniques

- Réalisation de l'électronique de la collaboration européenne EURO-BALL (IPN-Orsay, CSNSM, ISN, CRN, IPN-Lyon)

À SARA

- Multidétecteur AMPHORA sur SARA (IPN-Lyon, ISN)

À SATURNE

- Détecteurs sur les spectromètres (IPN-Orsay, LNS)

AU KVI-GRONINGEN

- Multidétecteur de neutrons EDEN (IPN-Orsay)
- Détecteur BBS sur le spectromètre d'AGOR (IPN-Orsay).

AU GSI-DARMSTADT

- Participation au détecteur FOPI (CRN, LPC-Clermont).

AU NPL DARESBURY

- Réalisation (collaboration franco-britannique) du multidétecteur gamma EUROGAM (CRN, CENG, IPN-Orsay, CSNSM, IPN-Lyon, ISN).

À CEBAF

- Participation aux détecteurs (ISN, LPC-Clermont)

À SIAC

- Participation au détecteur BABAR (LAL, LAPP, LPNHE-P 6/7) détecteur d'identification de particules et simulation de sa réponse.

À L'ESRF

- Contribution à l'expérience GRAAL (ISN, IPN-Orsay)

AU LS MODANE

- Collaboration EDELWEISS pour la recherche de matière noire (CSNSM, IPN-Lyon, LPC-Collège

- Expérience de double désintégration bêta NEMO (CENBG, LAL, CRN, LPC-Caen)

AU BUGEY

- Participation au détecteur du Bugey (recherche d'oscillations de neutrinos, CPPM, ISN, LAPP, LPC-Collège)

À THÉMIS

- Participation au détecteur Thémistocle (LAL, LPC-Collège, LPNHE-P 6/7)
- Participation à l'expérience CAT (Bordeaux, LPNHE-X, LPNHE-P 6/7)

À DESY HAMBOURG

- Participation au détecteur H1 (LAL, LPNHE-X, LPNHE-P 6/7) calorimétrie à Argon liquide, électronique de capture des signaux, de déclenchement et d'acquisition.

AU CERN

- Participation aux détecteurs d'ions lourds ultra-relativistes NA36, NA38, WA 89 (ISN), WA 94, WA97 (CRN) NA50 (IPN-Lyon, LAPP, LPNHE-X, LPC-Clermont)

- Participation au détecteur CPLEAR (CPPM, CSNSM) processeur de déclenchement rapide avec calcul en ligne

- Participation au détecteur NOMAD (LAPP, LPNHE-P 6/7) électronique de digitisation des signaux, construction du détecteur à rayonnement de transition

- Participation au détecteur ALEPH au CERN (CPPM, LAL, LPNHE-X, LPC-Clermont) calorimétrie électromagnétique, détecteur, électronique d'amplification

- Participation au détecteur DELPHI/LEP au CERN (CPPM, CRN, ISN, LAL, LPC-Collège, LPNHE-P 6/7) chambre à fils et électronique de lec-

- ture de la TPC ; radiateur liquide, chambres à fils et électronique, alimentation en gaz des compteurs RICH ; détecteur de trace de précision : bandes et pixels silicium)

- Participation au détecteur L3/LEP au CERN (IPN-Lyon, LAPP) structure de soutien des calorimètres électromagnétiques ; calorimètre électromagnétique en BGO ; électronique de lecture des photodiodes ; déclenchement électronique

- Participation au détecteur ATLAS (LAL, CPPM, ISN, LAPP, LPC-Clermont, LPNHE-P 6/7) calorimétrie à Ar liquide : structure matérielle, électronique de lecture ; calorimétrie à plaque scintillateur plastique ; détecteur de trace de précision : pixel silicium

- Participation au détecteur CMS (IPN-Lyon, LAPP, LPNHE-X, CRN) détecteur de traces chargées : chambre à micropistes, électronique de lecture ; calorimétrie à cristaux ; cristaux, détecteurs photodiodes, électronique de lecture.

AUTRES PROJETS

- Participation au détecteur VIRGO d'ondes gravitationnelles (LAL, LAPP, IPN-Lyon)
- Réalisation de cibles de l'isomère de haut spin $^{178m2}\text{Hf}$ (CSNSM, IPN-Orsay)

TABLE DES MATIÈRES

Recommandations	3
Introduction	5
L'IN2P3 dans le CNRS	7
Evolutions techniques dans les différentes BAP	13
Situations spécifiques à l'IN2P3	31
La formation permanente	35
Propositions en guise de conclusion	37