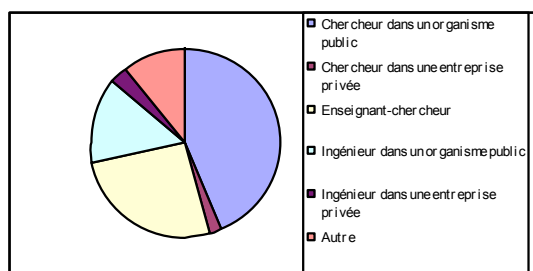


ENQUETE sur les METIERS de la CRISTALLOGRAPHIE

L'enquête sur les métiers de la cristallographie a été envoyée par voie électronique sur un ensemble d'adresses électroniques correspondant à des listes de diffusion, à des listes de participants à des congrès et à des listes de personnels de laboratoire. Ainsi, environ 3000 adresses ont pu être répertoriées. Sur ces premiers contacts, seules 1899 adresses n'ont pas renvoyé de message d'erreur et de non distribution, et on peut donc supposer que cet ensemble constitue l'échantillon sondé. De cet ensemble, nous avons reçu en définitive 333 réponses, principalement sur le questionnaire en ligne proposé dans le cadre de l'enquête, soit un retour non négligeable de 17,5%.

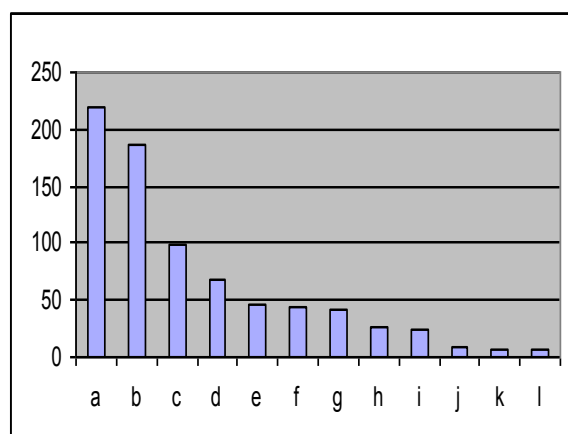
Les résultats qui vont suivre s'appuient donc sur l'ensemble de ces 333 réponses.

Une très large majorité des réponses provient de personnels de la fonction publique (84%). Les 22 réponses provenant de cristallographes du privé, du fait de leur faible nombre et de leur grande diversité, ne constituent pas un échantillon suffisamment représentatif et nous limiterons notre enquête au secteur public (soit 280 réponses). Les réponses restantes "autre" sont majoritairement des doctorants, post-doctorants ou retraités. A noter la relativement forte proportion de chercheurs à avoir répondu, qui ne correspond pas au ratio chercheurs/enseignants-chercheurs dans la fonction publique.



Dans le secteur public donc, l'activité principale des cristallographes s'articule autour des pôles suivants:

- a- Recherche expérimentale en laboratoire
- b- Caractérisations par des techniques de diffraction
- c- Recherche expérimentale sur grand instrument
- d- Développement de dispositifs expérimentaux
- e- Synthèse et croissance cristalline
- f- Maintenance d'un parc instrumental
- g- Caractérisations par des techniques de spectroscopies
- h- Recherche théorique ou conceptuelle
- i- Développement logiciel
- j- Autre
- k- Contrôle de procédé
- l- Qualité - certification



Les réponses multiples étaient permises, ce qui permet d'établir des liens entre ces différentes activités, qui sont résumées dans le tableau suivant. Celui-ci se lit de la manière suivante: le nombre de personnes (et le pourcentage correspondant) travaillant dans le domaine α parmi

les personnes travaillant dans le domaine β se trouve au croisement de la ligne α et de la colonne β .

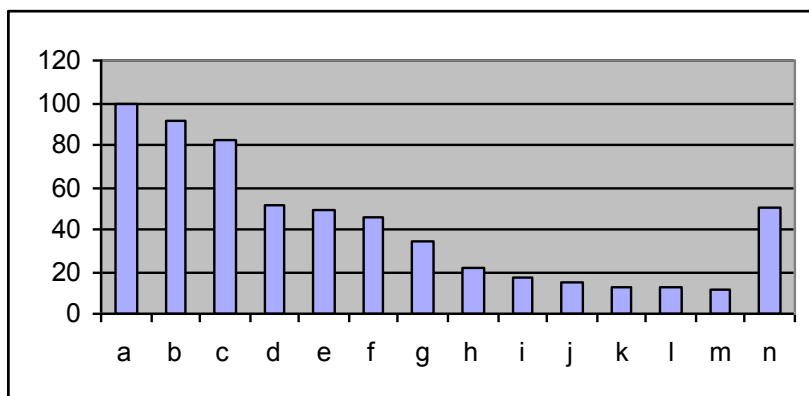
	a	b	c	d	e	f	G	h	i	k	l
a	219 59%	110 55%	54 54%	37 54%	34 72%	21 48%	26 62%	10 37%	12 50%	3 50%	0 0%
b	110 50%	187	49 50%	37 54%	24 51%	33 75%	25 60%	8 30%	10 42%	2 33%	0 0%
c	54 25%	49 26%	98	29 43%	7 15%	14 32%	15 36%	6 22%	4 17%	0 0%	0 0%
d	37 17%	37 20%	29 30%	68	5 11%	20 45%	6 14%	5 19%	9 38%	1 17%	0 0%
e	34 16%	24 13%	7 7%	5 7%	47	2 5%	6 14%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%
f	21 10%	33 18%	14 14%	20 29%	2 4%	44	5 12%	1 4%	4 17%	1 17%	0 0%
g	26 12%	25 13%	15 15%	6 9%	6 13%	5 11%	42	2 7%	1 4%	0 0%	0 0%
h	10 5%	8 4%	6 6%	5 7%	0 0%	1 2%	2 5%	27	9 38%	0 0%	0 0%
i	12 6%	10 5%	7 7%	9 13%	0 0%	4 9%	1 2%	9 33%	24	0 0%	0 0%
k	3 1%	2 1%	0 0%	1 2%	0 0%	1 2%	0 0%	0 0%	0 0%	6	0 0%
l	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	6

Ainsi, 15% des cristallographes (soit 7 individus) faisant de la synthèse et croissance cristalline (item e) (47 réponses en tout) font aussi de la recherche expérimentale sur grand instrument (item c).

On découvre ainsi que la grande majorité (78%) des cristallographes du public font de la recherche expérimentale en laboratoire et que la moitié d'entre eux font de la caractérisation par diffraction. Un quart vont travailler sur grands instruments. Par contre, plus de la moitié de ceux qui travaillent sur grands instruments ont une activité en laboratoire. Les personnes responsables de la maintenance d'un parc expérimental déclarent assez logiquement faire des caractérisations par diffraction à 75%, mais les techniques de spectroscopies sont aussi majoritairement associées à des expériences de diffraction. Si les expérimentateurs sont peu nombreux à faire de la théorie, les théoriciens sont en proportion plus nombreux à entreprendre une recherche expérimentale.

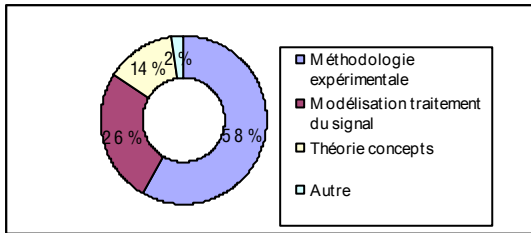
La question suivante portait sur le domaine d'activité professionnelle. Les domaines non reconnus dans la liste des 13 items du tableau suivant et répertoriés sous la rubrique "autres" concernent les sciences de l'ingénierie, les cristaux liquides, les transitions de phases, la chimie de coordination (ce qui devrait rejoindre la chimie de coordination), la supraconductivité, la biologie moléculaire, les matériaux sous conditions extrêmes, la cristallographie sous champ magnétique, la glaciologie, les quasicristaux, l'optique non linéaire, les bases de données, les liquides et verres, la biophysique, l'électronique, les problèmes de densité électronique, d'électrochimie, la corrosion et l'instrumentation.

- a- Nanosciences nanomatériaux
- b- Biologie structurale
- c- Cristallographie
- d- Films minces
- e- Métallurgie
- f- Céramiques
- g- Surfaces
- h- Minéralogie et géosciences
- i- Cristallographie théorique
- j- Microélectronique
- k- Médical et pharmacologie
- l- Informatique et programmation
- m- Plastiques et polymères
- n- Autre



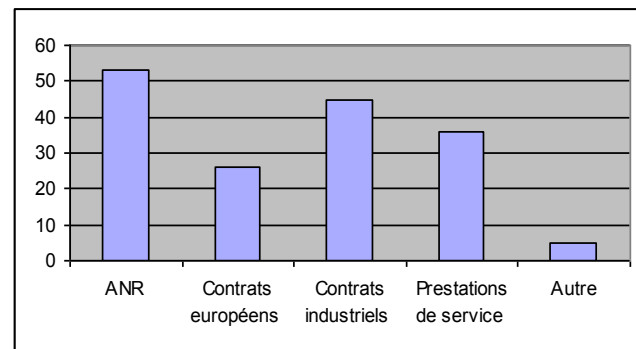
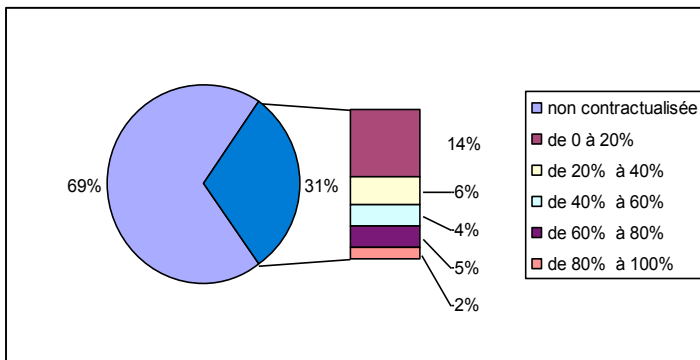
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
a	100 100%	1 1%	19 23%	33 63%	17 35%	22 48%	21 62%	8 36%	5 29%	8 53%	1 8%	2 15%
b	1 1%	91 91%	8 10%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	2 12%	0 0%	4 31%	4 31%
c	19 19%	8 9%	82 82%	7 13%	5 10%	13 28%	2 6%	10 45%	5 29%	1 7%	1 8%	4 31%
d	33 33%	0 0%	7 9%	52 52%	12 24%	11 24%	14 41%	2 9%	1 6%	5 33%	0 0%	1 8%
e	17 17%	0 0%	5 6%	12 23%	49 49%	12 26%	14 41%	2 9%	3 18%	5 33%	0 0%	0 0%
f	22 22%	0 0%	13 16%	11 21%	12 24%	46 46%	3 9%	6 27%	0 0%	2 13%	0 0%	1 8%
g	21 21%	0 0%	2 2%	14 27%	14 29%	3 7%	34 34%	4 18%	1 6%	2 13%	0 0%	0 0%
h	8 8%	0 0%	10 12%	2 4%	2 4%	6 13%	4 12%	22 22%	3 18%	2 13%	1 8%	0 0%
i	5 5%	2 2%	5 6%	1 2%	3 6%	0 0%	1 3%	3 14%	17 17%	0 0%	0 0%	4 31%
j	8 8%	0 0%	1 1%	5 10%	5 10%	2 4%	2 6%	2 9%	0 0%	15 15%	0 0%	0 0%
k	1 1%	4 4%	1 1%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	1 5%	0 0%	0 0%	13 13%	2 15%
l	2 2%	4 4%	4 5%	1 2%	0 0%	1 2%	0 0%	0 0%	4 24%	0 0%	2 15%	13 13%

Les trois principaux domaines d'activité sont les nanomatériaux, la biologie structurale et la cristallographie avec 36%, 32% et 29% des réponses. Le reste des domaines se répartit de manière plus équilibrée avec cependant une moindre proportion de cristallographie théorique, de microélectronique, de médical et pharmacologique, d'informatique et programmation et de plastiques et polymères. Les "nanomatériaux" couvrent également assez logiquement d'autres domaines tels que "films minces", "céramiques", "surfaces" et "cristallographie" alors que la biologie structurale ne se couple que faiblement avec la cristallographie, le médical et l'informatique. Les "films minces" se situent également naturellement vers les nanomatériaux, les surfaces, la métallurgie et les céramiques. Il est bien évident que ces problématiques ne sont pas indépendantes. L'étude des surfaces et la microélectronique se reconnaissent aussi majoritairement en nanotechnologies. On a ici une illustration des larges secteurs que recouvre la dénomination "nanomatériaux", ce qui rend la prééminence de ce domaine d'activité un peu plus artificielle, au regard d'autres disciplines plus ciblées.

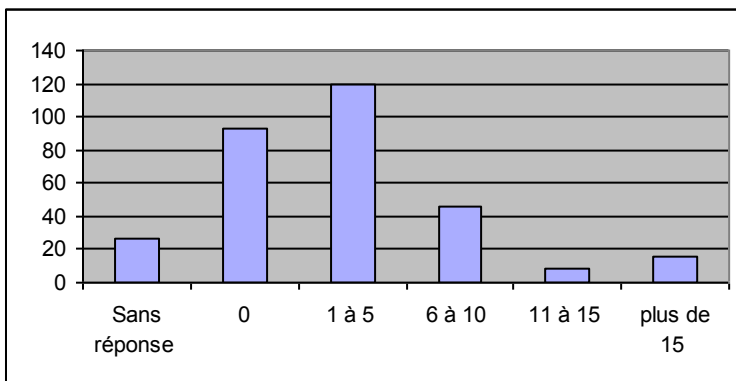


Les apports récents de la cristallographie sont encore liés de façon assez unanime aux développements instrumentaux, mais les notions de modélisation, simulation et traitement du signal sont évoqués par un quart des réponses.

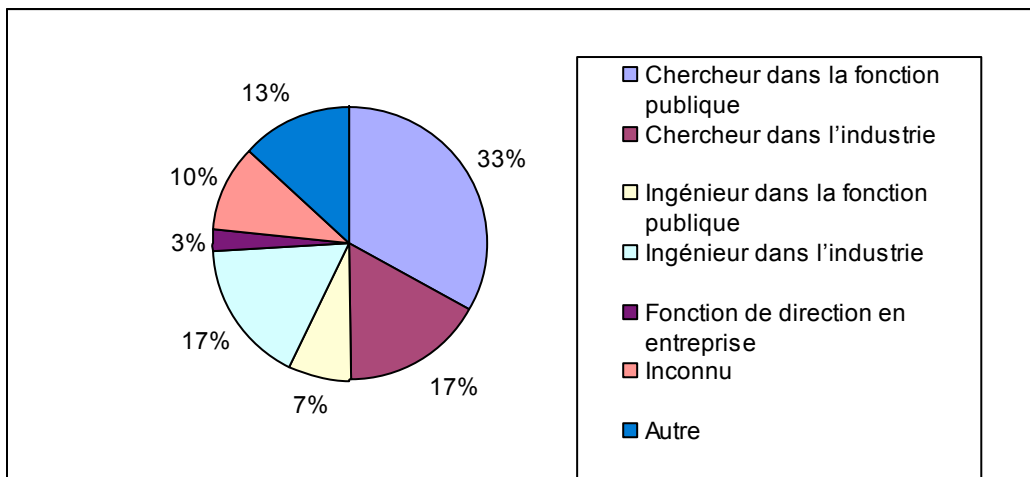
La recherche publique en cristallographie reste très majoritairement une recherche peu contractualisée (environ aux 2/3), sachant de plus que près de la moitié des cristallographes travaillant sur contrat le font à moins de 20% de leur temps. Ces contrats se répartissent de façon assez équilibrée entre contrats ANR, européens, ou industriels



Les questions suivantes concernent davantage la formation en cristallographie et le devenir des jeunes doctorants. Notre enquête ne faisant nulle part référence à l'âge, il est difficile de tirer des conclusions définitives, car il est clair qu'un chercheur confirmé aura encadré davantage d'étudiants et dans des contextes de recherche différents. Cependant, on peut constater que dans leur grande majorité, les cristallographes dirigent quelques thèses.



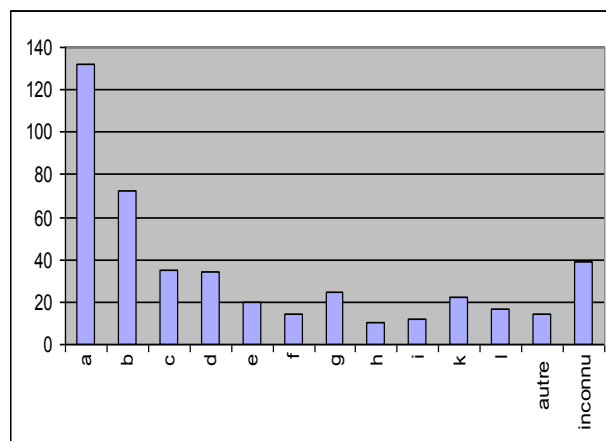
Le devenir de ces jeunes chercheurs ne reflète pas tout à fait la répartition entre secteurs professionnels des encadrants, puisque l'on retrouve presque une équipartition entre le public (40%) et le privé (37%). On trouve donc des débouchés pour les étudiants cristallographes ailleurs que dans le secteur public, même si l'enquête n'est pas à même de cerner de façon plus précise la nature de ces débouchés.



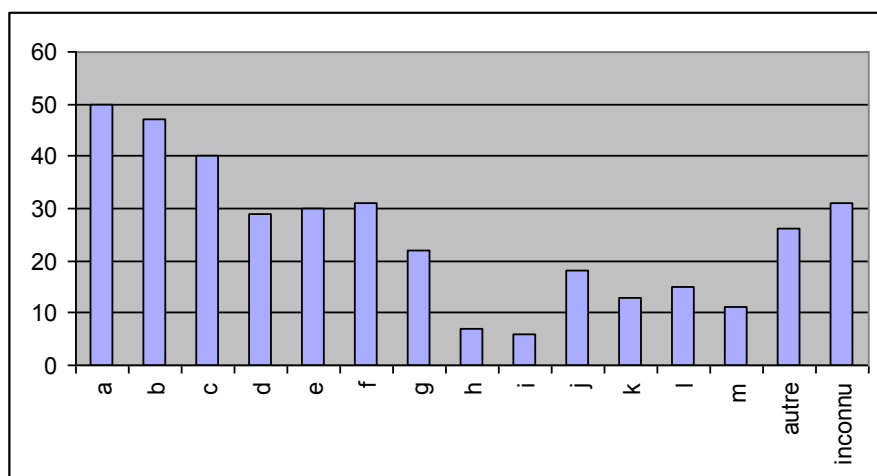
Les situations signalées derrière "autre" correspondent principalement à 3 catégories: en majorité des stages post-doctoraux, mais aussi des thèses toujours en cours ou bien des recherches d'emploi.

L'activité principale des étudiants en thèse dans leur devenir professionnelle reflète assez bien la répartition correspondante des réponses initiales à cette question (les lettres dans l'histogramme ci-dessous correspondent aux lettres et à l'ordre de l'histogramme correspondant, dans la première partie du questionnaire)

- a- Recherche expérimentale en laboratoire
- b- Caractérisations par des techniques de diffraction
- c- Recherche expérimentale sur grand instrument
- d- Développement de dispositifs expérimentaux
- e- Synthèse et croissance cristalline
- f- Maintenance d'un parc instrumental
- g- Caractérisations par des techniques de spectroscopies
- h- Recherche théorique ou conceptuelle
- i- Développement logiciel
- k- Contrôle de procédé
- l- Qualité - certification

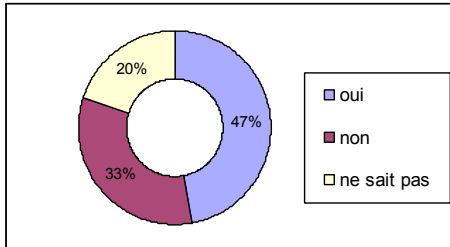


- a- Nanosciences nanomatériaux
- b- Biologie structurale
- c- Cristallographie
- d- Films minces
- e- Métallurgie
- f- Céramiques
- g- Surfaces
- h- Minéralogie et géosciences
- i- Cristallographie théorique
- j- Microélectronique
- k- Médical et pharmacologie
- l- Informatique et programmation
- m- Plastiques et polymères
- n- Autre

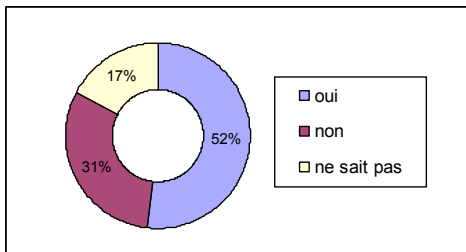


Les domaines d'activité respectent aussi dans l'ensemble les proportions observées pour les encadrants, à la différence près que l'on voit les quatre dernières disciplines émerger: la microélectronique, l'informatique, la pharmacologie et les plastiques et polymères, ce qui correspond bien à l'évolution attendue dans le contexte actuel.

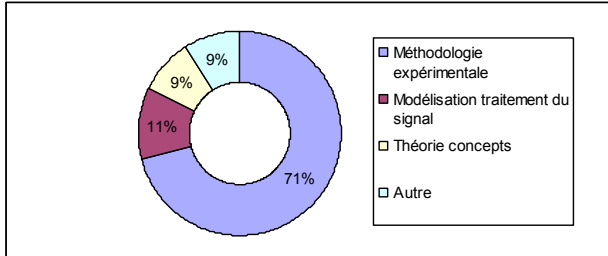
Les questions suivantes ne permettent pas de conclusions très claires et peuvent se lire selon la philosophie du verre à moitié ou à moitié vide. En effet, concernant l'importance des compétences en cristallographie dans le recrutement, environ la moitié des réponses exprimées ont positives:



De même pour l'importance de leurs compétences en cristallographie dans l'activité professionnelle actuelle:



Les aspects de la cristallographie le plus souvent utilisés sont les suivants:



La méthodologie expérimentale y est largement majoritaire alors que le traitement du signal est moins évoqué que pour l'ensemble des cristallographes ayant répondu à l'enquête. Dans 56% des cas, la cristallographie faisait partie de la formation initiale des doctorants contre 37% qui l'ont découverte. Ainsi, il apparaît bien sûr préférable d'être formé en cristallographie pour poursuivre dans ce domaine, mais ce n'est clairement pas un préalable indispensable et la formation en thèse dans ce domaine conserve toute son importance.

En conclusion, les cristallographes de la fonction publique démontrent dans ce questionnaire leur grande diversité, en termes de compétences, de disciplines, et de domaines d'activité. Apparemment ils savent transmettre ces compétences à leurs étudiants en thèse, qui parviennent majoritairement à poursuivre ce type d'activité. Les limites de l'enquête sont en partie liée d'une part à l'échantillon sondé, d'autre part au choix des questions. En effet, nous avons eu du mal à prendre contact avec des acteurs de la cristallographie en secteur industriel, et de ce fait, nous avons du mal à appréhender la source de débouchés que cela peut actuellement représenter. Par ailleurs, nous n'avons pas cherché à développer l'enquête autour d'une évolution dans le temps de la situation, en essayant par exemple de tenir compte du renseignement de l'âge. Il est probable en effet que les problématiques actuelles ne soient plus les mêmes qu'il y a 20 ans.