

Les réseaux de compétences :

Application à l'élaboration d'un groupe de recherche en physique fondamentale

Hervé Rostaing⁽¹⁾, Marie-Gabrielle Suraud⁽²⁾, Luc Quoniam⁽¹⁾

(1) CRRM, Centre de Recherche Rétrospective de Marseille, Centre Saint Jérôme, 13397
Marseille Cedex 13

(2) LERASS, IUT - A, 115 route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex

Résumé:

L'originalité de ce travail est de montrer comment une étude bibliométrique a permis d'aider à la mise en place d'une collaboration scientifique transdisciplinaire. Il s'agit en l'occurrence d'un travail qui a favorisé la création d'un Groupe de Recherche du CNRS en physique fondamentale sur le thème de la fragmentation.

La fragmentation concerne plusieurs sous-disciplines de la physique et les chercheurs de chacune de ces disciplines travaillent de façon indépendante sans nécessairement connaître l'existence des autres travaux. Chaque sous-discipline développe des problématiques et des outils très spécifiques à chacune d'entre elles. Dans ces conditions, la création d'un Groupe de Recherche sur le thème de la fragmentation nécessite l'identification de tous les acteurs travaillant dans ce domaine et la connaissance de leurs spécialités réciproques.

Une méthode d'analyse bibliométrique basée sur une technique de propagation au travers des relations de collaborations entre chercheurs a permis de détecter les groupes de travail et de caractériser ces groupes selon leur thématique de recherche.

Les résultats bibliométriques, après validation d'expert, ont mis en évidence de nombreux groupes de physiciens de la fragmentation dans diverses sous-disciplines de physique, et ont en cela constitué une base de travail importante pour la création d'une structure GdR largement multidisciplinaire. D'autre part, les indications précises sur les différents thèmes de recherche abordés par les physiciens de la fragmentation, a permis d'établir une présélection quant aux groupes à contacter en vue de la participation au GdR, et la façon dont ces groupes pourraient s'insérer dans le projet.

1. Introduction

Depuis l'émergence de l'activité de la veille technologique, les techniques bibliométriques ont été très rapidement acceptées dans le monde industriel. Ces outils d'évaluation permettant de positionner l'entreprise par rapport à son environnement scientifique ou concurrentiel ont tout de suite joué un rôle essentiel. Ceci s'explique par le besoin de l'entreprise de réagir rapidement à son environnement pour rester compétitif.

Cette intégration de la bibliométrie dans les organismes institutionnels de recherche ne s'est pas faite. Pourtant, les principes de la bibliométrie ont été à l'origine pensés pour aider à mieux comprendre l'évolution de la science et non comme des méthodes d'évaluation de la concurrence industrielle. Mais la bibliométrie a été très rapidement assimilée à une technique de comparaison et d'évaluation des domaines de recherche, des organismes, voire des chercheurs. Cette idée reste très fortement ancrée dans les esprits et fait beaucoup de tort à la communauté de recherche en bibliométrie. Mais est-ce bien la bibliométrie qui est à remettre en cause? Ne serait-ce pas plutôt l'utilisation qui en est faite ?

Le travail que nous présentons ici démontre que la bibliométrie peut être employée dans le cadre institutionnel sans que le bien fondé de ces méthodes soit discuté. Pour cela, il suffit d'imaginer qu'elle peut être exploitée à d'autres fins que la simple évaluation. Ainsi, l'originalité de ce travail est de montrer comment une étude bibliométrique a permis d'aider à la mise en place d'une collaboration scientifique transdisciplinaire. Il s'agit en l'occurrence d'un travail qui a favorisé la création d'un Groupe de Recherche du CNRS en physique fondamentale sur le thème de la fragmentation.

2. Le contexte : la physique de la fragmentation

Le thème de fragmentation a la particularité d'être présent dans de nombreuses sous-disciplines de la physique. Or en physique, chaque sous-discipline évolue de façon très autonome, et travaille avec ses propres méthodes et ses propres outils, correspondant à des cultures scientifiques qui peuvent être parfois très différentes. En physique, la spécialisation est telle qu'il n'y a que de très rares confrontations ou communications entre les sous-disciplines.

Or récemment certains physiciens ont remarqué que le processus de fragmentation était non seulement un objet d'étude en soi pour plusieurs sous-disciplines, mais qu'il prenait pour chacune d'elle une importance croissante. Même si pour chaque sous-discipline, l'objet

physique étudié diffère : en physique atomique on regarde la fragmentation de l'atome, en physique nucléaire on regarde la fragmentation du noyau ou en astrophysique on regarde la fragmentation de l'univers ou des galaxies. Il semble cependant que le concept de fragmentation soit identique d'une sous-discipline à l'autre. La question est là ; il s'agit de savoir, pour ces physiciens, s'il existe effectivement un concept générique de fragmentation qui reconnaîtrait une forme d'universalité. D'où l'idée de créer un GdR regroupant les physiciens de la fragmentation pour confronter les méthodes et les résultats obtenus dans chaque sous-discipline.

Dans ce contexte, une veille scientifique devait servir à faire un bilan des différents travaux menés dans chaque sous-discipline sur ce thème. Il fallait en particulier déterminer quelles étaient les spécificités des problématiques développées dans chacune d'entre elles, ainsi que les groupes de physiciens travaillant sur ces problématiques. La question était de cerner la production scientifique afin de déterminer de nouvelles orientations de recherche susceptibles d'être innovantes dans un contexte difficile puisque cette analyse concerne un concept, la fragmentation, non stabilisé et en émergence dans certaines sous-disciplines.

3. La justification de l'utilisation de l'outil bibliométrique

Le thème de physique fragmentation a deux particularités, d'une part celle d'être pluridisciplinaire et d'autre part de représenter une voie de recherche récente pour certaines sous-disciplines de physique (en particulier la physique nucléaire). Or pour qu'une structure GdR aussi hétérogène puisse fonctionner avec le maximum d'efficacité, il est nécessaire que ces membres puissent acquérir une vision exhaustive et synthétique des différentes recherches menées sur la fragmentation dans des sous-disciplines qu'ils connaissent mal et avec lesquelles les contacts sont souvent difficiles. Il est donc important de faire une synthèse de l'état de ces recherches pour déterminer les différents thèmes développés autour de la fragmentation, évaluer leur degré de développement afin de juger de l'opportunité et de la possibilité de la mise en commun des savoirs et savoir-faire acquis dans les différentes sous-disciplines.

En l'état actuel, créer un groupe de réflexion intégrant autour d'un thème plusieurs communautés constitue pour les physiciens un projet ambitieux. A l'heure où l'interdisciplinarité en recherche fondamentale fait l'objet de tant de discussion et représente une perspective attrayante, il est raisonnable de penser que les chercheurs auront besoin

d'outils d'aide à l'élaboration de stratégies de recherche. Le cloisonnement des sous-disciplines représente de ce point de vue un handicap certain.

En l'absence totale de consensus, il n'est pas pensable que cet état des lieux des travaux de la fragmentation puisse être établi uniquement par des avis d'experts. La vision qu'ils peuvent avoir de ce thème étant trop parcellaire et trop dépendant de leur spécialité, il leur est difficile de s'en faire une représentation globale et exhaustive. L'outil bibliométrique dans ce contexte de veille scientifique paraît parfaitement adapté. Il s'avère être un moyen très performant pour élaborer des supports d'aide à l'analyse et à la synthèse de l'existant dans tous les domaines où l'acte de publication est essentiel.

Pourquoi le besoin d'une étude bibliométrique

- **Nature inhabituelle du thème du GdR**
 - **la fragmentation est un thème large et pluri-disciplinaire**
 - è plusieurs sous-disciplines de la physique concernées
 - **les sous-disciplines ne communiquent pas entre elles**
 - **la fragmentation est un thème en pleine évolution**
 - è pas de consensus sur les problématiques de recherche et sur les outils utilisés entre les sous-disciplines

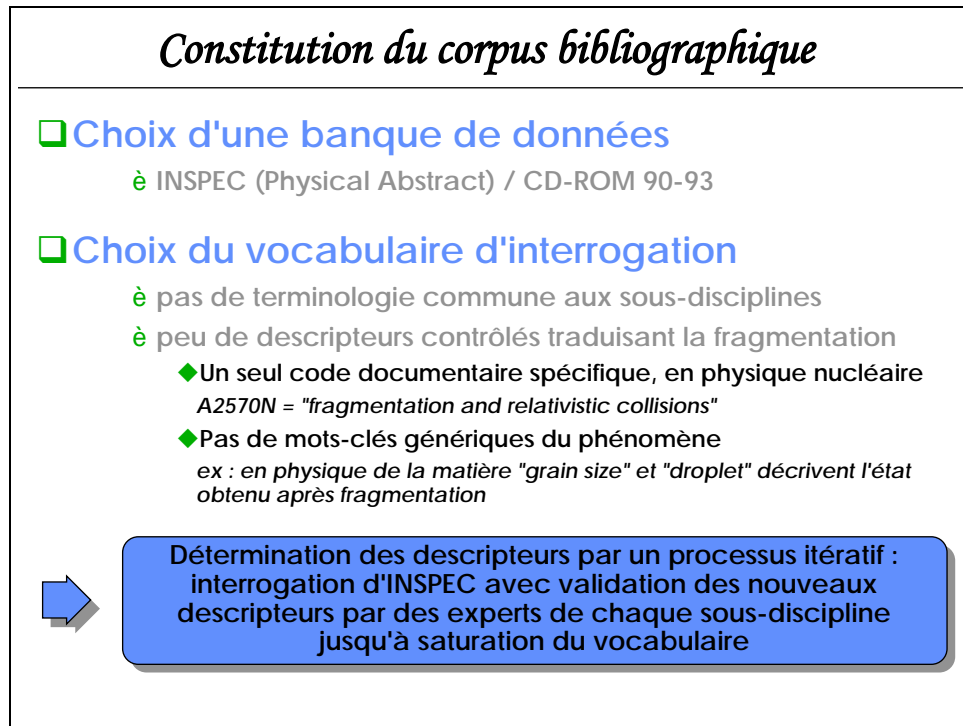
➔ Absence d'une parfaite connaissance des activités et des groupes de recherche en fragmentation, or la création du GdR a pour but de réunir le plus grand nombre de représentants du domaine

Transparent de la communication

4. Les données traitées

En ce qui concerne la constitution de l'ensemble des publications analysées, dans la mesure où le sujet à traiter concerne principalement la recherche fondamentale en physique, nous n'avons consulté qu'une seule banque de données : INSPEC. Cette banque de données de *Physical Abstract* possède une très bonne couverture en recensant plus de 4200 revues spécialisées en physique, électronique et technologie de l'information.

Sur un tel sujet, concernant des recherches en cours, l'élaboration de l'équation d'interrogation a nécessité un travail important avec les physiciens de chaque sous-discipline. Ce travail a permis de mettre en évidence les différentes terminologies en vigueur dans chacune d'elles.

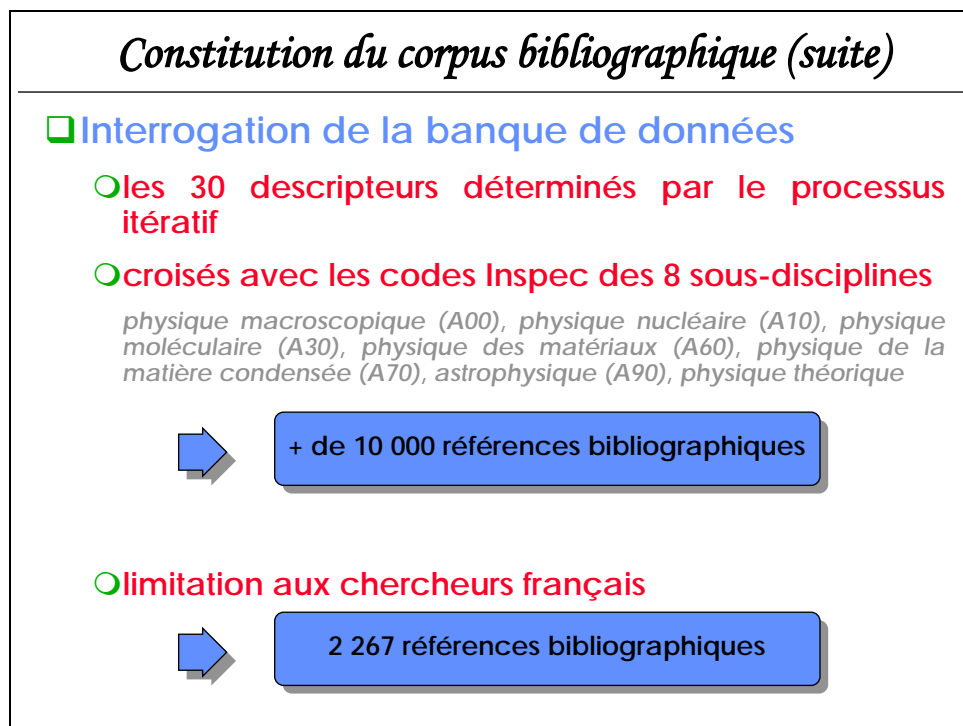


Transparent de la communication

Le peu de reconnaissance au niveau international du domaine de recherche de la fragmentation en tant que tel, induit une absence caractéristique de termes spécifiques pour l'identifier. Les termes d'indexation et les codes de classification affectés aux articles traitant de la fragmentation dans la banque INSPEC sont spécifiques à chaque sous-discipline de physique. Ainsi, il n'existe qu'un seul code documentaire spécifique à la fragmentation (A2570N : *fragmentation and relativistic collision*) et ce code n'intéresse qu'un aspect précis de la fragmentation. Aucun descripteur générique couvrant globalement le phénomène de la fragmentation n'a été créé que ce soit dans le thesaurus ou dans le plan de classement d'INSPEC. Par contre, nombreux sont les termes spécifiques à chaque sous-discipline. Comme exemple nous pouvons citer *grain size* et *droplet* qui caractérisent l'état du système après fragmentation en physique de la matière condensée, et *mechanical alloying* qui fait référence à une technique de fragmentation en physique des matériaux.

La détermination de l'ensemble des descripteurs retraçant le concept de fragmentation a été obtenue par un processus itératif. L'interrogation de la banque de données INSPEC a été systématiquement suivie d'une détection puis d'une validation des nouveaux descripteurs par des experts de chaque sous-discipline. Ces nouveaux descripteurs faisaient alors l'objet de nouvelles consultations d'INSPEC qui elles-mêmes induisaient l'apparition de nouveaux termes à valider. Ainsi de suite jusqu'à obtenir la saturation du vocabulaire validé.

Une liste de 30 termes, correspondant directement au phénomène, a été finalement établie¹. Le croisement de cette liste avec 8 codes génériques de la classification INSPEC, représentant les sous-disciplines de la physique intéressées par la fragmentation, isole plus de dix mille références bibliographiques uniquement pour la période 1990-93. En se restreignant uniquement aux publications de chercheurs français, pour cette même période, INSPEC recèle 2267 références.



Transparent de la communication

5. La méthode d'analyse : les réseaux de compétences

Une telle masse d'informations (2267 références bibliographiques) paraît difficilement synthétisable sans l'apport de la bibliométrie. La lecture séquentielle de toutes ces données n'est pas pensable. L'outil bibliométrique est là pour aider à la compréhension de l'ensemble

de l'information grâce à des techniques de classement et de regroupement des références en agrégats homogènes. L'analyse de ces différents agrégats, puis l'analyse des dépendances entre ces agrégats donne alors une bonne idée de l'ensemble du domaine étudié et permet d'évaluer les structures et les tendances générales sous-jacentes aux données brutes (les références). Ce principe d'analyse permet de bien mieux comprendre l'ensemble de l'information et ceci de façon bien plus efficace que la simple analyse des données prises isolement (lecture référence par référence).

Le principe est bien de créer des agrégats de données les plus homogènes possibles. Mais les critères d'obtention de ces agrégats peuvent être variés. Un grand nombre de techniques bibliométriques cherchent à agréger les données selon un découpage thématique du domaine étudié^{2,3,4}. Le but recherché est de caractériser les références selon les thèmes abordés. Pour des références d'articles scientifiques, cette caractérisation passe essentiellement par l'analyse des descripteurs affectés à ces références (mots-clés ou codes de classification).

Or l'absence de consensus de la terminologie employée dans le domaine de la fragmentation aurait rendu périlleux une analyse basée sur une structuration thématique. Comme l'objet principal de l'étude était l'identification des différents groupes de recherche français, nous avons choisi d'élaborer notre critère d'agrégation à partir du phénomène de collaboration scientifique. L'analyse bibliométrique a donc eu pour objectif la détection des groupes de chercheurs collaborant et publiant ensemble, pour ensuite connaître leurs thèmes de recherche.

La technique bibliométrique employée cherche à déterminer les réseaux de compétences dans le domaine de la fragmentation. La démarche est la même que celle énoncée par Price et Beaver⁵ à leur époque : connaître les liens existants entre les individus étudiés et regrouper ces individus en fonction de ces liens. Ces groupes définissent des structures de collaborations entre individus, que cette collaboration soit fondée sur des raisons intellectuelles (projets communs de recherche) ou des raisons sociales (complicité entre individus). Que ce soit pour l'une ou l'autre de ces deux raisons, ces groupes identifient des réseaux de relations entre individus et donc des réseaux de compétences. La complémentarité des compétences peut être, soit effective si ces compétences font l'objet d'une réelle collaboration scientifique, soit potentielle dans le cas d'une co-publication fondée sur une simple raison sociale. Ce principe bibliométrique, riche en renseignement, a déjà été repris dans de nombreuses études^{6,7,8}. A la

différence des précédentes études, notre méthode pour détecter ces groupes n'est pas basée sur des principes d'analyse de données.

Traitement bibliométrique

- ❑ **Objectif : Cartographie des différents groupes de recherche français travaillant sur la fragmentation**
 - è identifier les groupes de recherche
 - è connaître leurs thématiques de recherche

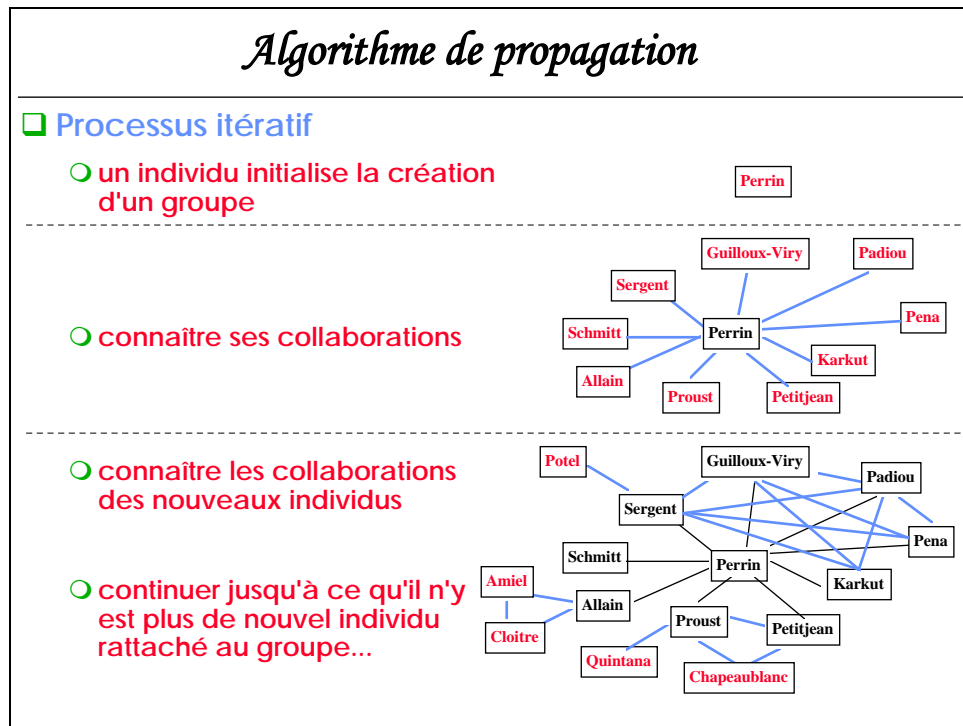
- ❑ **Technique :**
 - **Regrouper les chercheurs participant à des groupes de collaboration communs**
 - è algorithme de propagation sur les relations entre chercheurs
 - **Connaître les activités des chercheurs participant à chaque groupe**
 - è retrouver pour chaque chercheur les descripteurs affectés à leurs publications pour identifier leurs thèmes de recherche

Transparent de la communication

Les méthodes d'agrégation mise en oeuvre en bibliométrie font bien souvent appel à des mesures statistiques d'association dérivées de l'analyse de données⁹. Ceci s'explique par le fait que ces méthodes ont été appliquées en premier lieu pour la structuration thématique d'un domaine. Lors d'une telle analyse les éléments qui caractérisent l'agrégation, les mots-clés ou les codes, sont assez nombreux dans chaque référence et surtout une bonne partie de ces éléments se trouvent présents dans la plupart des références. Si bien que la simple étude de la co-présence d'éléments pour mesurer l'intensité des relations entre ces éléments puis la représentation synthétique de toutes ces relations sous la forme de réseau devient très rapidement inexploitable. Les éléments se trouvent tous liés les uns aux autres sans qu'une structure d'organisation quelconque puisse se dégager de l'ensemble. Les méthodes statistiques d'analyse de données sont venues à la rescousse pour ne plus prendre en compte les réelles relations qu'entretiennent les divers éléments entre eux mais des mesures de ressemblance ou de dissemblance. Ces mesures statistiques peuvent ensuite servir à disposer les éléments dans des espaces multidimensionnels pour donner une vision synthétique des

proximités entre éléments. Ces méthodes d'analyse de données restent délicates à mettre en oeuvre et surtout nécessitent une importante culture en statistique lors de l'interprétation.

La technique bibliométrique appliquée dans cette étude ne fait aucunement appel à des notions d'analyse de données. Elle s'inspire de la démarche de détection des « collègues invisibles » de Price et Beaver ainsi que des méthodes d'analyse des réseaux en sciences sociales¹⁰.



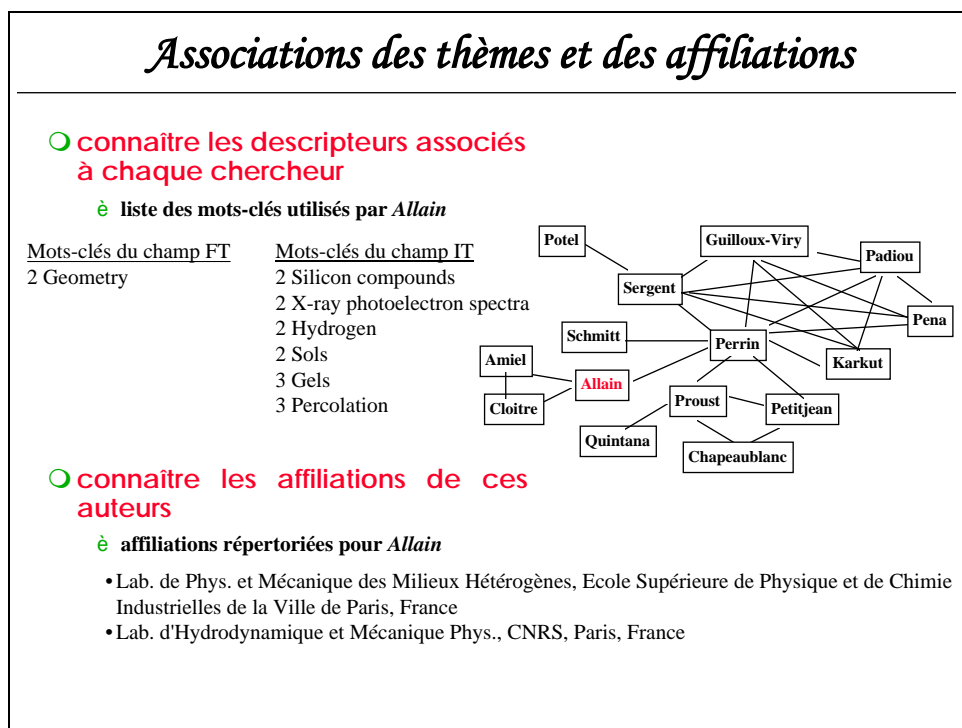
Transparent de la communication

La création des agrégats de données se réalise selon une propagation au travers des relations de collaborations entre chercheurs. L'algorithme itératif commence par le chercheur le plus prolifique et recherche toutes les collaborations qu'il a entretenues. Cette première étape détecte les chercheurs ayant directement collaboré avec le chercheur initial. L'algorithme cherche ensuite l'ensemble des collaborations établis par les chercheurs obtenus à l'étape précédente. Si de nouveaux individus ont été raccrochés à la structure existante alors l'algorithme relance une nouvelle itération. Le premier agrégat est définitivement clôt dès lors qu'une nouvelle itération n'a plus détecté de nouveau chercheur. Un nouvel agrégat sera alors construit autour du second chercheur le plus prolifique si celui-ci ne fait pas déjà partie du

premier agrégat. L'algorithme prend fin lorsque tous les individus du jeu de références traités ont été considérés.

La partition des données obtenues par cet algorithme est tout ce qu'il y a de plus naturelle puisqu'elle est fondée sur les réels liens de collaborations entre chercheurs. Le critère d'agrégation est donc compréhensible par tous, et par là même accessible à des non spécialistes de la bibliométrie ou de l'analyse de données.

Une fois l'identification de ces groupes de collaboration terminée, il paraît utile de pouvoir obtenir des informations complémentaires pour renseigner sur l'origine des chercheurs, leurs thèmes de recherche, la fréquence de leur implication au domaine étudié, les journaux dans lesquels ils ont l'habitude de diffuser leurs connaissances... Tous ces renseignements présents dans les notices bibliographiques deviennent des renseignements complémentaires indispensables pour mieux comprendre les réseaux de collaboration dégagés ainsi que les compétences mis en jeu dans chacun de ces réseaux.



Transparent de la communication

Un module spécifique du logiciel DATAVIEW (®CRRM) a été développé pour construire ces groupes par extraction des auteurs présents dans les notices bibliographiques. Ce traitement permet aussi d'associer aux résultats de cette agrégation toutes autres

informations présentes dans les notices comme les affiliations, les descripteurs, les codes de classification, les dates de publications, les journaux... Ainsi, à chaque groupe détecté est associé un ensemble de renseignements complémentaires qui aura été paramétré par l'utilisateur selon l'orientation qu'il veut donner de son analyse.

6. Les résultats bibliométriques

Pour notre étude, le champ bibliographique "AU" comportant les auteurs des publications scientifiques a tout d'abord subi un « nettoyage » avant d'être traité par cet algorithme de propagation. Pour éliminer tout problème concernant les erreurs lors de la saisie des prénoms ou des variations du nombre de prénoms, une suppression systématique de tous les prénoms a été effectuée grâce au reformateur INFOTRANS*.

Nous avons choisi d'associer trois champs bibliographiques complémentaires lors du lancement de l'algorithme de propagation au travers du champ des auteurs : le champ comportant l'affiliation des chercheurs "OS", et les deux champs d'indexation "IT" et "FT" renseignant sur les thèmes de recherche abordés par les chercheurs. Il est à noter qu'une étude spécifique a été effectuée pour évaluer la complémentarité des renseignements apportés par ces deux champs descripteurs de la base INSPEC¹¹.

Un dernier élément de paramétrage de l'algorithme nous a permis de négliger lors de la propagation toutes les collaborations qui pourraient sembler anecdotiques. Pour cela, nous avons estimé que les collaborations qui n'avaient pas été concrétisées par deux publications (sur la période de quatre ans) ne pouvaient pas être considérées comme étant fondées sur une réelle complicité scientifique. Les agrégats d'auteurs sont donc obtenus grâce à des associations d'auteurs ayant au moins publié deux fois ensemble.

Un résultat brut obtenu en fin d'algorithme est présenté sous forme de liste en Annexe. Le CRRM est actuellement en train de développer un outil de représentation infographique de la structure des agrégats sous forme de réseaux avec la possibilité d'y calquer les données complémentaires paramétrées lors du traitement¹².

Une telle technique a permis de détecter 214 groupes de collaboration. Parmi ces 214 groupes, 212 étaient constitués de 2 à 25 chercheurs alors que deux groupes étaient composés par un très grand nombre de chercheurs (450 et 41). Après analyse par des experts physiciens, les 212 groupes de faible taille représentaient des groupes de travail homogènes et cohérents.

* développé par I+K, 11 bis rue Albert Joly, 78000 Versailles

Cinquante d'entre eux ont été classés par les experts comme des groupes totalement impliqués dans le phénomène de fragmentation. Une quarantaine d'autres groupes ont été classés comme « marginaux » car ne relevant que très marginalement de la fragmentation. Ces derniers n'ont pas été retenus dans un premier temps pour la constitution du GdR mais les experts sont convaincus de l'intérêt de ces groupes et pensent les prendre en compte ultérieurement.

Par contre, l'analyse des deux plus grands groupes a permis de déceler qu'ils étaient composés d'éléments de « pollution ». Pour le groupe composé de 41 chercheurs, la pollution était due à des problèmes d'homonymie. Après vérification, ce groupe a été réduit à 36 individus. Pour le groupe composé de 450 chercheurs, la pollution vient non seulement de problèmes d'homonymie mais aussi du fait que certains chercheurs, faisant partie de deux laboratoires dépendant d'un accélérateur (le GANIL), drainaient énormément de collaborations avec les équipes de chercheurs qui viennent faire des expériences sur l'accélérateur.

Etude bibliométrique

- **Paramètres de détection des groupes de travail**
 - è chercheurs ayant au moins 2 publications (sur 4 ans)
 - è collaborations s'étant produites au moins 2 fois (sur 4 ans)

- **Résultats**
 - è 214 groupes de collaboration détectés
 - 2 grands groupes (450 et 41 aut.) + 212 groupes(2 à 25 aut.)

- **Expertise par lecture des descripteurs par groupe**
 - è les 212 groupes facilement expertisés
 - 50 groupes intéressants + 40 groupes marginaux
 - è les descripteurs des 2 grands groupes n'étaient pas d'homogène
 - "pollution" due à des homonymies et à un labo. du GANIL
 - grp de 41 aut. -> 1 grp de 36 aut. grp de 450 aut. -> 70 aut. en 9 grp

Transparent de la communication

7. Discussion

L'analyse bibliométrique a permis d'une part de déterminer de nombreux groupes de physiciens de la fragmentation dans diverses sous-disciplines de physique, et a en cela

constitué une base de travail importante pour la création d'une structure GdR largement multidisciplinaire. D'autre part, les indications précises sur les différents thèmes de recherche abordés par les physiciens de la fragmentation, a permis d'établir une présélection quant aux groupes à contacter en vue de la participation au GdR, et la façon dont ces groupes pourraient s'insérer dans le projet.

Ce résultat vient principalement du fait que les résultats offerts par les traitements bibliométriques étaient aisément interprétables par des experts. Ces résultats bibliométriques ont réellement servis de support de travail aux experts. Ils ne nécessitaient aucun apprentissage spécifique et les critères d'organisation des données en agrégats répondaient à des règles naturelles sans déformation des données originales.

Cette analyse a donc été parfaitement satisfaisante puisqu'elle a permis de repérer un ensemble important de physiciens de la fragmentation initialement non identifiés par les physiciens du GdR. Il nous reste quelques points à préciser quant aux limites auxquelles nous avons été confrontés.

1°) En physique nucléaire, l'origine des recherches sur la fragmentation est extrêmement récente puisqu'elle se situe dans la première moitié des années 80. Cette recherche est due à un petit groupe de théoriciens français, constitués de deux à trois chercheurs. Les résultats obtenus par ces physiciens n'ont fait l'objet que de deux publications entre 80 et 90, et ont d'emblée suscité de fortes controverses. Il y a eu ainsi pendant quelques années un long processus de maturation au cours duquel, pour s'imposer ces théoriciens n'ont pas choisi la voie de la publication, mais ont plutôt misé sur des communications lors de congrès ou d'école de spécialistes.

Au début des années 90, ces travaux ont finalement commencé à obtenir une reconnaissance internationale et ont suscité de nombreux autres travaux. Malgré cela entre 90 et 93, cette équipe n'a publié seulement que deux autres articles et n'a mis en place aucun circuit de collaboration que ce soit en France ou à l'étranger. Cependant avec leurs quatre publications en dix ans, ces théoriciens constituent un des groupes « leader » sur ce sujet.

L'importance de ce groupe et de leurs travaux apparaît difficilement dans les résultats de l'analyse et ce groupe a d'autant moins de chance d'apparaître qu'il travaille en solitaire et ne fait partie d'aucun réseau.

2°) L'absence de publications est un résultat sans appel, elle devrait traduire l'inexistence scientifique d'un groupe de recherche. Cependant, nous allons voir dans

l'exemple suivant qu'il peut y avoir confusion entre l'absence d'activité publique et absence d'activité tout court. C'est le cas des recherches expérimentales menées sur les appareillages techniques.

En effet, pour la réalisation de certaines expériences, les physiciens sont amenés à concevoir et à construire des appareillages spécifiques. Il s'agit de prototypes dont la réalisation constitue une part importante de l'activité des chercheurs. L'exemple typique de telles constructions est celui du gigantesque accélérateur de Genève, le LEP, dont la conception et la réalisation ont nécessité l'investissement de centaines de chercheurs pendant plus de dix ans.

A moindre échelle dans le cas de la fragmentation en physique nucléaire, depuis cinq ans une cinquantaine de physiciens participe à l'élaboration d'appareillages nouveaux permettant d'effectuer des mesures de fragmentation. Or les physiciens participant à ce projet n'ont pas publiés d'articles au titre de la fragmentation puisque leurs travaux portent essentiellement sur des questions techniques de mise au point d'appareil. Les seules publications de ces chercheurs sont ce que l'on appelle des « lettres d'intention » concernant directement les tests de l'appareillage. Ces « lettres d'intention » constituent une « littérature grise » très important mais difficilement accessible qui n'entre pas dans les circuits officiels de diffusion de la connaissance scientifique. Ce n'est que lors de la mise au point finale de l'appareillage que les premières mesures de fragmentation sont effectuées et donc que les premières publications officielles en fragmentation apparaissent. Dans ce cas, les publications sont apparues quatre ans après le début de la construction de l'appareillage.

Durant cette période de gestation expérimentale, le groupe des cinquante physiciens n'est donc pas représenté en physique de la fragmentation dans la banque de données alors que ce projet expérimental est reconnu sur le plan scientifique comme l'un des plus importants du domaine.

On peut retrouver une situation similaire en physique théorique, où la conception de modèles théoriques sophistiqués ou celle de programmes informatiques lourds peut conduire à des investissements longs. Et durant la conception de ces modèles et de ces programmes informatiques on trouve difficilement des traces en termes de publication donc dans des banques de données.

Notre exemple confirme que si la bibliométrie est un outil qui peut constituer une aide de travail très appréciable pour des scientifiques, il est indispensable qu'une collaboration étroite avec « les experts » du domaine étudié s'effectue.

Bibliographie

- 1 SURAUD M-G, QUONIAM L, ROSTAING H, DOU H, « L'analyse bibliométrique comme outil d'aide à la mise en place d'un groupe de recherche en physique fondamentale. », *Revue Française de Bibliométrie*, Vol. 13, p 100-120, 1994
- 2 MICHELET B, *L'analyse des associations*, Thèse : Université de Paris VII, 28 oct. 1988
- 3 BEDECARRAX C, HUOT C, « L'application de l'analyse relationnelle à la veille technologique », *La Revue Française de Bibliométrie*, Vol. 9, p. 64-80, 1992
- 4 QUONIAM L, HASSANLY P, BALDIR P, ROSTAING H, DOU H, « Bibliometric Analysis of Patent Documents for R&D Management », *Research Evaluation*, Vol. 3, N°1, p. 13-18, 1993
- 5 PRICE D, BEAVER D, « Collaboration in an invisible college », *American Psychologist*, Vol. 21, p. 1011-1018
- 6 PETERS H, VAN RAAN A, « Structuring Scientific Activities by Co-author Analysis. An Exercise on a University Faculty Level », *Scientometrics*, Vol. 20, n°1, p. 235-255, 1991
- 7 MIQUEL J, OKUBA Y, « Structure of International Collaboration in Science : Comparisons of Profiles in Countries using a Link Indicator », *Scientometrics*, Vol 29, N°2, p. 271-297, 1994
- 8 DKAKI T, « Une méthode pour la détection et l'analyse des réseaux de collaborations dans le domaine de la recherche scientifique. », *Actes du colloque : VSST'95, Veille stratégique, scientifique et technologique*, Toulouse 25-27 oct., 1995
- 9 ROSTAING H, *Veille technologique et bibliométrie : concepts, outils, applications*, Thèse : Université Aix-Marseille III, 13 Jan. 1993
- 10 WASSERMAN S, FAUST K, *Social network analysis*, Cambridge University Press, USA, 1994
- 11 SURAUD M-G, QUONIAM L, ROSTAING H, DOU H, « On the Significance of Data Bases Keywords for a Large Scale Bibliometric Investigation in Fundamental Physics », *Scientometrics*, Vol. 33, N°1, p. 41-63, 1995
- 12 BOUTIN E, QUONIAM L, ROSTAING H, DOU H, « A new Approach to Display Real Co-authorship and Co-topicship through Network Mapping », *Learned Information, Chicago, USA*, Actes du colloque : The Fifth International Conference on Scientometrics & Informetrics, Chicago, 6 juin, 1995

Annexe

```

+-----+
| GROUPE N° 2 |
+-----+

```

Fichier traité: c:\prov\bon2.job
 Construction des groupes pour le champ: "AU - "
 Intervalle de fréquences des formes constitutives: 2 - 176
 Intervalle de fréquences des paires du chaînage : 2 - 19

Nombre de formes constituant le groupe : 15
 Nombre de paires entre les formes du groupe : 52

LISTE DES FORMES CONSTITUANT LE GROUPE

```

-----
Fréquence  Occurrence  Hapax  Forme
~~~~~
      21         22      1  Perrin
       8          8      0  Sergent
       7          7      0  Proust
       7          7      0  Allain
       5          5      0  Pena
       5          5      0  Padiou
       5          5      0  Guilloux-Viry
       4          4      0  Petitjean
       4          4      0  Karkut
       3          3      0  Schmitt
       3          3      0  Cloitre
       3          3      0  Amiel
       2          2      0  Quintana
       2          2      0  Potel
       2          2      0  Chapeaublanc

```

LISTE DES RELATIONS ENTRE CES FORMES

```

-----
Fréquence  Corrélation  Paire
~~~~~
       2      0,435  Allain      = Amiel
       3      0,654  Allain      = Cloitre
       2      0,160  Allain      = Perrin
       2      0,435  Amiel       = Allain
       2      0,706  Chapeaublanc = Petitjean
       2      0,533  Chapeaublanc = Proust
       3      0,654  Cloitre     = Allain
       4      0,894  Guilloux-Viry = Karkut
       3      0,599  Guilloux-Viry = Padiou
       2      0,398  Guilloux-Viry = Pena
       5      0,486  Guilloux-Viry = Perrin
       4      0,631  Guilloux-Viry = Sergent
       4      0,894  Karkut      = Guilloux-Viry
       3      0,670  Karkut      = Padiou
       2      0,446  Karkut      = Pena
       4      0,434  Karkut      = Perrin
       4      0,706  Karkut      = Sergent
       3      0,599  Padiou      = Guilloux-Viry
       3      0,670  Padiou      = Karkut
       3      0,599  Padiou      = Pena
       5      0,486  Padiou      = Perrin
       5      0,790  Padiou      = Sergent
       2      0,398  Pena        = Guilloux-Viry
       2      0,446  Pena        = Karkut
       3      0,599  Pena        = Padiou
       3      0,289  Pena        = Perrin
       4      0,631  Pena        = Sergent
       2      0,160  Perrin      = Allain
       5      0,486  Perrin      = Guilloux-Viry
       4      0,434  Perrin      = Karkut
       5      0,486  Perrin      = Padiou
       3      0,289  Perrin      = Pena
       2      0,215  Perrin      = Petitjean
       2      0,160  Perrin      = Proust
       2      0,249  Perrin      = Schmitt
       7      0,537  Perrin      = Sergent
       2      0,706  Petitjean   = Chapeaublanc
       2      0,215  Petitjean   = Perrin
       3      0,565  Petitjean   = Proust

```


2	0,499	Potel	= Sergent
2	0,533	Proust	= Chapeaublanc
2	0,160	Proust	= Perrin
3	0,565	Proust	= Petitjean
2	0,533	Proust	= Quintana
2	0,533	Quintana	= Proust
2	0,249	Schmitt	= Perrin
4	0,631	Sergent	= Guilloux-Viry
4	0,706	Sergent	= Karkut
5	0,790	Sergent	= Padiou
4	0,631	Sergent	= Pena
7	0,537	Sergent	= Perrin
2	0,499	Sergent	= Potel

LISTE DES RELATIONS DE CES FORMES AVEC LES AUTRES CHAMPS

Intervalle de fréquences des formes constitutives: 2 - 176

Intervalle de fréquences des paires du chaînage : 2 - 19

Paires : "OS - " = "AU - "

Fréquence	Corrélation	Paire	
2	0,632	Lab. de Chimie Miner., CNRS, Rennes I Univ., France	= Pena
2	0,191	Lab. Central de Recherches, Thomson-CSF, Orsay, France	= Perrin
2	0,307	Lab. de Chimie Minerale B, Rennes I Univ., France	= Perrin
2	0,407	Lab. de Chimie Miner., Rennes I Univ., France	= Sergent
2	0,499	Lab. de Chimie Minerale B, Rennes I Univ., France	= Sergent

Paires : "IT - " = "AU - "

Fréquence	Corrélation	Paire	
2	0,073	Silicon compounds	= Allain
2	0,132	X-ray photoelectron spectra	= Allain
2	0,224	Hydrogen	= Allain
2	0,283	Sols	= Allain
3	0,195	Gels	= Allain
3	0,101	Percolation	= Allain
2	0,201	Gels	= Amiel
2	0,108	Percolation	= Amiel
2	0,152	Silicon compounds	= Chapeaublanc
2	0,293	Chemical vapour deposition	= Chapeaublanc
2	0,576	Photolysis	= Chapeaublanc
2	0,391	Insulating thin films	= Chapeaublanc
2	0,363	Critical current density [superconductivity]	= Guilloux-Viry
2	0,146	Magnetic susceptibility	= Guilloux-Viry
2	0,296	Crystal orientation	= Guilloux-Viry
3	0,099	X-ray diffraction examination of materials	= Guilloux-Viry
3	0,670	Superconducting epitaxial layers	= Guilloux-Viry
4	0,272	Superconducting thin films	= Guilloux-Viry
4	0,232	Sputter deposition	= Guilloux-Viry
4	0,200	High-temperature superconductors	= Guilloux-Viry
5	0,364	Superconducting transition temperature	= Guilloux-Viry
5	0,259	Yttrium compounds	= Guilloux-Viry
5	0,241	Barium compounds	= Guilloux-Viry
2	0,406	Critical current density [superconductivity]	= Karkut
2	0,165	Magnetic susceptibility	= Karkut
2	0,331	Crystal orientation	= Karkut
3	0,113	X-ray diffraction examination of materials	= Karkut
3	0,228	Superconducting thin films	= Karkut
3	0,749	Superconducting epitaxial layers	= Karkut
3	0,194	Sputter deposition	= Karkut
3	0,167	High-temperature superconductors	= Karkut
4	0,326	Superconducting transition temperature	= Karkut
4	0,232	Yttrium compounds	= Karkut
4	0,215	Barium compounds	= Karkut
2	0,062	X-ray diffraction examination of materials	= Padiou
2	0,363	Critical current density [superconductivity]	= Padiou
2	0,146	Magnetic susceptibility	= Padiou
2	0,115	Solid-state phase transformations	= Padiou
3	0,152	Yttrium compounds	= Padiou
3	0,202	Superconducting thin films	= Padiou
3	0,141	Barium compounds	= Padiou
3	0,670	Superconducting epitaxial layers	= Padiou
3	0,172	Sputter deposition	= Padiou
3	0,147	High-temperature superconductors	= Padiou
4	0,290	Superconducting transition temperature	= Padiou
2	0,098	Yttrium compounds	= Pena
2	0,095	High-temperature superconductors	= Pena
2	0,090	Barium compounds	= Pena
2	0,446	Superconducting epitaxial layers	= Pena

2	0,112	Sputter deposition	= Pena
2	0,115	Solid-state phase transformations	= Pena
2	0,245	Molybdenum compounds	= Pena
3	0,216	Superconducting transition temperature	= Pena
3	0,222	Magnetic susceptibility	= Pena
2	0,041	Secondary ion mass spectra	= Perrin
2	0,069	Semiconductor thin films	= Perrin
2	0,174	Photolysis	= Perrin
2	0,125	Refractive index	= Perrin
2	0,140	Amorphous semiconductors	= Perrin
2	0,066	Mass spectra	= Perrin
2	0,114	Insulating thin films	= Perrin
2	0,132	Plasma CVD	= Perrin
2	0,174	Critical current density [superconductivity]	= Perrin
2	0,191	Plasma deposition	= Perrin
2	0,062	Magnetic susceptibility	= Perrin
2	0,039	Silicon	= Perrin
2	0,045	Elemental semiconductors	= Perrin
2	0,140	Crystal orientation	= Perrin
2	0,045	Solid-state phase transformations	= Perrin
2	0,024	Annealing	= Perrin
2	0,191	Etching	= Perrin
2	0,014	Ceramics	= Perrin
2	0,028	Crystal atomic structure of inorganic compounds	= Perrin
3	0,109	X-ray photoelectron spectra	= Perrin
3	0,192	Hydrogen	= Perrin
3	0,128	Chemical vapour deposition	= Perrin
3	0,028	X-ray diffraction examination of materials	= Perrin
3	0,325	Superconducting epitaxial layers	= Perrin
3	0,023	Sputtered coatings	= Perrin
4	0,079	Silicon compounds	= Perrin
4	0,102	Sputter deposition	= Perrin
5	0,113	Yttrium compounds	= Perrin
5	0,157	Superconducting thin films	= Perrin
5	0,109	High-temperature superconductors	= Perrin
6	0,205	Superconducting transition temperature	= Perrin
6	0,128	Barium compounds	= Perrin
2	0,150	III-V semiconductors	= Petitjean
2	0,179	Indium compounds	= Petitjean
2	0,406	Photolysis	= Petitjean
2	0,275	Insulating thin films	= Petitjean
3	0,159	Silicon compounds	= Petitjean
3	0,310	Chemical vapour deposition	= Petitjean
2	0,110	III-V semiconductors	= Proust
2	0,132	Indium compounds	= Proust
2	0,306	Photolysis	= Proust
2	0,206	Insulating thin films	= Proust
2	0,149	Red shift	= Proust
3	0,116	Silicon compounds	= Proust
3	0,232	Chemical vapour deposition	= Proust
3	0,121	Visible astronomical observations	= Proust
3	0,114	Clusters of galaxies	= Proust
2	0,158	Visible astronomical observations	= Quintana
2	0,150	Clusters of galaxies	= Quintana
2	0,286	Critical current density [superconductivity]	= Sergent
2	0,113	Magnetic susceptibility	= Sergent
2	0,038	Sputtered coatings	= Sergent
2	0,232	Crystal orientation	= Sergent
2	0,192	Molybdenum compounds	= Sergent
2	0,065	Crystal atomic structure of inorganic compounds	= Sergent
3	0,072	X-ray diffraction examination of materials	= Sergent
3	0,529	Superconducting epitaxial layers	= Sergent
3	0,132	Sputter deposition	= Sergent
3	0,137	Solid-state phase transformations	= Sergent
4	0,158	Yttrium compounds	= Sergent
4	0,212	Superconducting thin films	= Sergent
4	0,146	Barium compounds	= Sergent
4	0,154	High-temperature superconductors	= Sergent
5	0,285	Superconducting transition temperature	= Sergent

Paires : "FT - " = "AU - "

Fréquence	Corrélation	Paire	
~~~~~	~~~~~	~~~~~	
2	0,376	Geometry	= Allain
2	0,376	SiO/sub 2/	= Chapeaublanc
2	0,816	N/sub 2/O	= Chapeaublanc
2	0,816	185 Nm	= Chapeaublanc
2	0,576	Geometry	= Cloitre
2	0,156	High temperature superconductor	= Guilloux-Viry
2	0,314	YBa/sub 2/Cu/sub 3/O/sub 7-x/	= Guilloux-Viry

2	0,632	85 To 87 K	= Guilloux-Viry
2	0,398	Critical temperatures	= Guilloux-Viry
2	0,632	(100) MgO	= Guilloux-Viry
2	0,336	700 DegC	= Guilloux-Viry
2	0,632	Single target DC sputtering	= Guilloux-Viry
2	0,446	Zero resistance	= Guilloux-Viry
2	0,213	High temperature superconductivity	= Guilloux-Viry
2	0,336	SrTiO/sub 3/	= Guilloux-Viry
2	0,446	C-axis orientation	= Guilloux-Viry
3	0,356	MgO	= Guilloux-Viry
2	0,351	YBa/sub 2/Cu/sub 3/O/sub 7-x/	= Karkut
2	0,706	85 To 87 K	= Karkut
2	0,706	(100) MgO	= Karkut
2	0,376	700 DegC	= Karkut
2	0,706	Single target DC sputtering	= Karkut
2	0,499	Zero resistance	= Karkut
2	0,240	High temperature superconductivity	= Karkut
2	0,376	SrTiO/sub 3/	= Karkut
2	0,499	C-axis orientation	= Karkut
3	0,399	MgO	= Karkut
2	0,296	DC sputtering	= Padiou
2	0,336	700 DegC	= Padiou
2	0,632	Single target DC sputtering	= Padiou
2	0,446	Zero resistance	= Padiou
2	0,213	High temperature superconductivity	= Padiou
2	0,336	SrTiO/sub 3/	= Padiou
2	0,632	(100)MgO	= Padiou
3	0,356	MgO	= Padiou
2	0,336	700 DegC	= Pena
2	0,632	Single target DC sputtering	= Pena
2	0,446	Zero resistance	= Pena
2	0,398	Structural transition	= Pena
2	0,144	Magnetic properties	= Pena
2	0,249	Photolysis	= Perrin
2	0,249	185 Nm	= Perrin
2	0,215	Gas phase	= Perrin
2	0,132	Dissociation	= Perrin
2	0,132	Mass spectrometry	= Perrin
2	0,114	XPS	= Perrin
2	0,249	Plasma-enhanced chemical vapor deposition	= Perrin
2	0,067	High temperature superconductor	= Perrin
2	0,149	YBa/sub 2/Cu/sub 3/O/sub 7-x/	= Perrin
2	0,307	85 To 87 K	= Perrin
2	0,191	Critical temperatures	= Perrin
2	0,140	DC sputtering	= Perrin
2	0,307	(100) MgO	= Perrin
2	0,160	700 DegC	= Perrin
2	0,307	Single target DC sputtering	= Perrin
2	0,215	Zero resistance	= Perrin
2	0,042	Semiconductor	= Perrin
2	0,249	Amorphous Si:H	= Perrin
2	0,215	C-axis orientation	= Perrin
2	0,307	(100)MgO	= Perrin
2	0,084	Al/sub 2/O/sub 3/	= Perrin
2	0,174	Chemical etching	= Perrin
3	0,151	High temperature superconductivity	= Perrin
3	0,243	SrTiO/sub 3/	= Perrin
2	0,351	InP	= Petitjean
2	0,706	UVCVD	= Petitjean
2	0,265	SiO/sub 2/	= Petitjean
2	0,576	N/sub 2/O	= Petitjean
2	0,576	185 Nm	= Petitjean
2	0,264	InP	= Proust
2	0,533	UVCVD	= Proust
2	0,198	SiO/sub 2/	= Proust
2	0,435	N/sub 2/O	= Proust
2	0,435	185 Nm	= Proust
2	0,087	Visible	= Proust
2	0,533	Abell 151	= Proust
2	1	Abell 151	= Quintana
2	0,247	YBa/sub 2/Cu/sub 3/O/sub 7-x/	= Sergent
2	0,499	85 To 87 K	= Sergent
2	0,232	DC sputtering	= Sergent
2	0,499	(100) MgO	= Sergent
2	0,264	700 DegC	= Sergent
2	0,499	Single target DC sputtering	= Sergent
2	0,351	Zero resistance	= Sergent
2	0,351	C-axis orientation	= Sergent
2	0,314	Structural transition	= Sergent
2	0,499	(100)MgO	= Sergent
3	0,253	High temperature superconductivity	= Sergent

3	0,398	SrTiO/sub 3/	= Sergent
4	0,375	MgO	= Sergent