

Boyer Pascal  
né le 15/03/1970 (nationalité : française)  
bureau 7A39 : 01 44 27 79 50  
Maître de conférences de l'université Paris 6  
Institut de Mathématiques de Jussieu UMR 7586

34 rue Auguste Demmler  
92340 Bourg la Reine  
01 46 60 53 47  
boyer@math.jussieu.fr

## Curriculum Vitae

Je suis membre de l'équipe *Formes automorphes* de l'institut de mathématiques de Jussieu, dirigée par Jean-François Dat.

**10 décembre 2008** Habilitation à diriger des recherches : *Cohomologie de la tour de Lubin-Tate et de quelques variétés de Shimura unitaires*, soutenue à l'université Paris 6 devant le jury composé de : Carayol Henri (Président et rapporteur), Harris Michael, Lafforgue Laurent, Laumon Gérard, Nekovář Jan, Ngô Bao Châu (rapporteur) et Rapoport Michael (rapporteur)

2008-2012 PEDR

**1999-2010** Maître de conférences à l'université de Paris 6

**2002-2003** Délégation CNRS

2000-2004 PEDR

**1998** Thèse *Mauvaise réduction des variétés de Drinfeld et correspondance de Langlands* soutenue à Orsay sous la direction de M. Laumon Gérard et devant le jury composé de MM. Carayol H., Harris M. (Pr), Henniart G., Laumon G., Rapoport M. : Mention très honorable avec félicitations du jury

**1995-1999** Agrégé préparateur (caïman) à l'ENS Cachan

**1993** Agrégation de mathématiques

**1990-1995** élève à l'ENS Ulm

### Publications :

- 1- Boyer P. : *Mauvaises réduction des variétés de Drinfeld et correspondance de Langlands locale* in *Inventiones Mathematicae* (1999) **138**, pp. 573-629
- 2- Boyer, P. : *Variétés d'Igusa, systèmes locaux d'Harris-Taylor et cycles évanescents des variétés de Drinfeld*, Mémoires de la SMF 116 2009 (167 pages) ;
- 3- Boyer, P. : *Monodromie du faisceau pervers des cycles évanescents de quelques variétés de Shimura simples*, *Inventiones Mathematicae* 2009 **177**, pp. 239-280 ;
- 4- Boyer, P. : *Conjecture de monodromie-poids pour quelques variétés de Shimura unitaires*, *Compositio Mathematica* vol. 146 part 2, pp. 367-403 ;
- 5- Boyer, P. : *Réseaux d'induction des représentations elliptiques de Lubin-Tate*, soumis (20 pages).

**Preprint** : 6- Boyer, P. : *La  $Z_1$ -cohomologie du modèle de Deligne-Carayol est sans torsion*, (40 pages).

**En préparation** : 7- Boyer, P. : *Sur la  $Z_1$ -cohomologie de certaines variétés de Shimura unitaires*

### Exposés dans des séminaires en 2009-2010 :

- Number theory seminar of Harvard, le 5 mai 2010
- Séminaire d'arithmétique et de géométrie algébrique de Strasbourg, le 12 décembre 2009
- Séminaire de géométrie algébrique de l'IRMA (Rennes), le 30 avril 2009,
- GRFA (IMJ) le 26 mars 2009,

- séminaire de Géométrie Arithmétique et Motivique, Paris 13, le 20 mars 2009,
- GRFA (IMJ), le 8 janvier 2009 : exposé d'introduction sur une série de 7 exposés sur mes derniers travaux,

**Responsabilités administratives :**

- 2000-2007, co-responsable, avec A.-M. Aubert, de l'organisation du séminaire *Groupes réductifs et formes automorphes* de l'institut de mathématiques de Jussieu ;
- 2000-2007 membre de la commission de spécialiste de paris 6 ;
- membre de la commission de spécialiste de paris 13, 2003-2008 ;

**Activités d'enseignement :**

- travaux dirigés du cours de cryptographie en M1 d'Alain Kraus
- encadrement du mémoire de M2 de Joris Milliner et inscription en thèse (sujet : *Cycles dans les espaces rigides de Lubin-Tate*)
- 2008-2009 cours d'arithmétique en L2 option maths-info ;
- 2006-2009 travaux dirigés du cours de théorie des nombres en M1 ;
- 2006-2009 préparation au concours de l'agrégation externe de mathématiques ;
- livre écrit avec J.-J. Risler *Algèbre pour la licence 3 : Groupes, anneaux, corps* chez Dunod ;
- 2002-2005 jury d'écrit et d'oral pour l'agrégation externe de maths ;
- 2001 : jury d'écrit et d'oral pour le capes externe de maths.

On trouve sur mon site internet <http://people.math.jussieu.fr/boyer/>, outre mes papiers de recherche et notes d'exposés :

- toutes mes feuilles de travaux dirigées avec leur correction,
- une page dédiée à l'agrégation avec des leçons types traitées longuement,
- un poly pour mon cours de L2,
- des documents divers notamment plusieurs polys sur des thèmes de géométrie à l'agrégation,
- un forum où les étudiants peuvent poser des questions, ou encore suivre à distance l'avancement des séances.

## Résumé de mes travaux de recherche et perspectives

La motivation première de mes travaux concerne la théorie de Lubin-Tate non abélienne ainsi baptisée par Carayol dans [9], laquelle vise à réaliser des cas de functorialité de Langlands locale dans la cohomologie de certains espaces de groupes  $p$ -divisibles. Comme dans [9], l'angle d'attaque est par voie globale via l'étude de la cohomologie  $l$ -adique de certaines variétés, dites de Drinfeld dans le cas où  $K$  est un corps local complet d'égalité caractéristiques  $p \neq l$ , ou de Shimura dans le cas d'inégalité caractéristiques.

- [3] *Mauvaises réduction des variétés de Drinfeld et correspondance de Langlands locale* in *Inventiones Mathematicae* (1999) **138**, pp 573-629 : dans cet article issu de ma thèse, je me suis intéressé à la situation d'égalité caractéristiques, i.e. quand le corps  $K$  est une extension finie de  $\mathbb{F}_p(T)$ . J'ai alors montré que les parties cuspidales des groupes de cohomologie  $\mathcal{U}_{K,l,d}^i$  du modèle de Deligne-Carayol sont nulles sauf en degré maximal où elles réalisent à la fois la correspondance de Jacquet-Langlands et celle de Langlands, ce que l'on peut écrire sous la forme :

$$\mathcal{U}_{K,l,d}^{d-1} = \sum_{\pi} \pi \otimes \text{JL}(\pi) \otimes L(\pi)$$

où :

- la somme porte sur les classes d'isomorphismes des représentations irréductibles cuspidales de  $GL_d(K)$ ,
- JL désigne la correspondance de Jacquet et Langlands, i.e. la bijection entre l'ensemble des classes d'équivalence des représentations irréductibles admissibles essentiellement de carré intégrable de  $GL_d(K)$  et celles des représentations admissibles irréductibles de l'algèbre à division  $D_{K,d}^\times$  de dimension  $d^2$  centrale sur  $K$ , caractérisée par l'égalité des caractères sur les éléments elliptiques réguliers semi-simples,
- $L$  est la correspondance de Langlands, i.e. une bijection entre l'ensemble des classes d'équivalence des représentations irréductibles cuspidales de  $GL_d(K)$  et les classes d'équivalence des représentations irréductibles continues du groupe de Weil  $W_K$  de  $K$ .

La preuve est de nature globale et repose sur le résultat principal de [16]. Précisément on considère un corps global  $F$  et une place  $o$  telle que le complété de  $F$  en  $o$  soit isomorphe au corps  $K$ . D'après [16], on dispose alors d'une variété de Drinfeld dont le calcul de la cohomologie de la fibre générique au moyen de la correspondance de Langlands constitue le résultat principal de loc. cit. Après avoir défini un modèle de la variété de Drinfeld au dessus de l'anneau des entiers  $\mathcal{O}_o$  de  $F_o$ , on en stratifie la fibre spéciale de sorte que d'après l'équivalent du théorème de Serre-Tate et le théorème de comparaison de Berkovich, les groupes de cohomologie du modèle de Deligne-Carayol sont les fibres aux points dits supersinguliers des faisceaux des cycles évanescents. En ce qui concerne les autres strates non supersingulières, la remarque essentielle est qu'elles sont « géométriquement induites », de sorte que les parties cuspidales de leurs contributions sont nulles : c'est ce que Fargues dans [13] appelle l'astuce de Boyer. En résumé, en ce qui concerne les parties cuspidales, la cohomologie de la variété de Drinfeld est donnée par la cohomologie de la strate supersingulière elle-même directement liée à la cohomologie du modèle local de Deligne-Carayol. Ainsi la connaissance d'après [16] de la cohomologie de la variété globale permet de calculer celle du modèle local.

- [4] *Variétés d'Igusa, systèmes locaux d'Harris-Taylor et cycles évanescents des variétés de Drinfeld*, Mémoires de la SMF 2009 : reprenant en partie l'idée selon laquelle les strates

non supersingulières n'avaient aucune contribution cuspidale, Harris et Taylor dans [15], ont réalisé le pendant de [16] dans le cas d'inégales caractéristiques en étudiant certaines variétés de Shimura unitaires : leur résultat principal étant alors la construction de la correspondance de Langlands locale. Pour ce faire ils ont aussi décrit la restriction aux strates ouvertes des faisceaux de cohomologie du complexe des cycles évanescents en termes de certains systèmes locaux provenant du revêtement des variétés d'Igusa de seconde espèce, et des cycles évanescents locaux associés par la théorie de Berkovich au modèle de Deligne-Carayol. En raisonnant par récurrence et en « soustrayant » les contributions des strates non supersingulières à l'aboutissement de la suite spectrale, ils ont alors obtenu la somme alternée des groupes de cohomologie du modèle de Deligne-Carayol.

Dans [4], j'ai tout d'abord repris dans le cadre des variétés de Drinfeld, les principaux résultats géométriques de [15] puis j'ai obtenu la description complète des groupes de cohomologie du modèle de Deligne-Carayol prouvant ainsi la version Lubin-Tate d'une conjecture non publiée de M. Harris.

- [5] *Monodromie du faisceau pervers des cycles évanescents de quelques variétés de Shimura simples*, *Inventiones Mathematicae* (2009) 177 (2) pp. 239-280 : ce travail est la continuation de [15] et concerne donc le cas de caractéristique mixte. Pour l'essentiel les résultats de [15] reposent sur des arguments de formule des traces qui permettent de calculer des sommes alternées de groupes de cohomologie mais pas d'en séparer la contribution de chacun. L'ingrédient nouveau de [5] est l'introduction de la théorie des faisceaux pervers. Le complexe des cycles évanescents  $\Psi$  convenablement décalé est pervers, on considère alors sa bifiltration de monodromie. On en décrit alors les bigradués puis la suite spectrale des faisceaux de cohomologie associée ce qui permet d'obtenir les résultats suivants :

- la description explicite de tous les groupes de cohomologie  $\mathcal{U}_{K,l,d}^i$  du modèle de Deligne-Carayol alors que [15] en donnait simplement la somme alternée ; on obtient plus précisément la description de leur bifiltration de monodromie locale définie par Fargues dans [12] ;
- la conjecture de monodromie-poids version faisceautique.

- [6] *Conjecture de monodromie-poids pour quelques variétés de Shimura unitaires*, *Compositio* (2010) 146 (2) pp. 367-403 : l'objectif premier de ce papier est, en utilisant les résultats de [5], de prouver la conjecture de monodromie-poids cohomologique pour les variétés de Shimura de [15]. Dans [15], par des arguments de formule des traces, les auteurs calculent la somme alternée de ces groupes de cohomologie mais, sauf cas exceptionnel, ne disposent pas de techniques pour en séparer les différentes contribution. Outre la conjecture de monodromie-poids cohomologique, on obtient aussi les résultats suivants :

- l'irréductibilité des variétés d'Igusa ;
- une correspondance globale de Jacquet-Langlands entre certaines formes tordues de groupes unitaires.

- [8] *Réseaux d'induction des représentations de Lubin-Tate* (soumis : 20 pages) : afin de reprendre les résultats précédents dans le cas des  $\overline{\mathbb{F}}_l$ -coefficients, dans [8] on étudie les  $\overline{\mathbb{Z}}_l$ -réseaux, naturellement obtenus par récurrence via l'induction parabolique, des représentations de  $GL_d(K)$  qui apparaissent dans la cohomologie des espaces de Lubin-Tate. Pour ce faire on décrit tout d'abord les sous-quotients irréductibles de la réduction modulo  $l$  d'une représentation dite de Steinberg généralisée ; ceux-ci sont classifiés par « leur niveau de cuspidalité » de

sorte que pour chaque niveau appartenant à un ensemble fini explicite, il y a unicité du sous-quotient de niveau donné. Leur description explicite se fait en utilisant l'involution de Zelevinski-Vignéras définie dans [19] et qui dans notre situation coïncide avec celle de [17].

On construit ensuite par récurrence en utilisant l'induction parabolique des réseaux stables de ces représentations de Steinberg généralisées. Ainsi étant donnée une représentation de Steinberg généralisée dont on note  $d$  la longueur de sa réduction modulo  $l$ , on peut construire des réseaux vérifiant les propriétés suivantes :

- la réduction modulo  $l$  d'un de ces réseaux possède pour tout  $k \leq d$ , un unique sous-espace irréductible de longueur  $k$  dont les sous-quotients irréductibles sont ceux de niveau cuspidal minimal (resp. maximal) ;
- pour tout sous-quotient irréductible de la réduction modulo  $l$  de la Steinberg généralisée, on construit un réseau possédant ce constituant comme unique sous-espace (resp. quotient) irréductible.

- [7] *La  $Z_l$ -cohomologie du modèle de Deligne-Carayol est sans torsion* (preprint 45 pages) : il s'agit de la version entière de [5], le but étant de prouver que les faisceaux de cohomologie du complexe des cycles évanescents  $\Psi$  sont sans torsion ce qui via le théorème de comparaison de Berkovich [2], permet d'en déduire que la  $\bar{Z}_l$ -cohomologie du modèle de Deligne Carayol est sans torsion.

La filtration de monodromie-poids n'étant pas entière, on considère des filtrations de  $\Psi$  associées à la stratification de Newton. On développe ainsi dans un premier temps un formalisme général sur les filtrations dites de stratification d'un faisceau pervers sans torsion que l'on applique ensuite à l'extension par zéro d'un système local d'Harris-Taylor minimal. Chacune des filtrations considérées fournit alors un réseau stable des systèmes locaux d'Harris-Taylor non minimaux ainsi que certaines extensions intermédiaires « coincées » entre les complexes d'intersection relativement aux  $t$ -structures  $p$  et  $p+$ , cf. [1]. Une propriété remarquable à notre situation et que l'on détecte sur  $\bar{\mathbb{Q}}_l$ , est que la « position » de ces faisceaux pervers ainsi que la classe d'équivalence de ces réseaux stables sont indépendants de la filtration considérée ; on retrouve en particulier les réseaux construits dans [8]. On peut alors prouver que les faisceaux de cohomologie des  $p$ -complexes d'intersection d'Harris-Taylor sont sans torsion.

On étudie alors les faisceaux de cohomologie de  $\Psi$  via la suite spectrale associée à une filtration de stratification particulière dont les gradués sont les  $p$ -complexes d'intersection des systèmes locaux d'Harris-Taylor relativement à des réseaux construits dans [8]. Cette filtration « découpe » notre faisceau pervers en faisceaux pervers  $P_i$  qui se comporte comme l'extension par zéro d'un système local d'Harris-Taylor de sorte que leurs faisceaux de cohomologie sont sans torsion. L'étude analogue en caractéristique nulle montre enfin qu'il n'y a pas de flèches dans la suite spectrale associée à la filtration dont les gradués sont les  $P_i$  ce qui permet de conclure que les faisceaux de cohomologie de  $\Psi$  sont sans torsion.

En ce qui concerne la torsion des faisceaux de cohomologie des  $p+$ -complexes d'intersection des systèmes locaux d'Harris-Taylor, elle s'explique complètement à partir de la réduction modulo  $l^n$  des représentations du groupe des inversibles d'une algèbre à division ; par exemple si la réduction modulo  $l$  d'une telle représentation est irréductible alors la torsion du  $p+$ -complexe d'intersection du système local d'Harris-Taylor associé est nulle.

Il existe une autre filtration de stratification de  $\Psi$  dont les gradués sont les  $p+$ -complexes d'intersection et dont l'aboutissement de la suite spectrale correspondante admet de la torsion alors que l'objet filtré n'en a pas. Cela permet en particulier d'obtenir des égalités numériques entre des ensembles de déformations de représentations modulaires d'algèbre à division qui

doivent pouvoir s'obtenir aussi par la théorie de Clifford.

- *Sur la torsion dans la cohomologie de certaines variétés de Shimura unitaires* (en préparation) : il s'agit de la version entière de [6]. Contrairement à ce qui se passe pour les faisceaux de cohomologie de  $\Psi$ , il n'y a pas de filtration de stratification de  $\Psi$  dont l'aboutissement de la suite spectrale des groupes de cohomologie associée soit sans torsion. On obtient ainsi des filtrations des groupes de cohomologie des variétés de Shimura considérées, dont les gradués ont de la torsion. Comme on dispose de plusieurs filtrations de stratification, il est possible de comparer les filtrations obtenues sur ces groupes de cohomologie et d'en déduire que ceux-ci sont sans torsion. Pour l'instant je n'ai rédigé ce travail qu'à « niveau infini » ; j'ai bon espoir de pouvoir fournir des énoncés à niveau fini en précisant des conditions sur ce niveau pour qu'il n'y ait pas de torsion et donner des exemples de niveau où la torsion est non nulle. Par ailleurs quand on a une congruence locale sur des représentations de l'algèbre à division, on construit des égalités de faisceaux pervers dans un groupe de Grothendieck lesquelles fournissent des congruences globales entre représentations automorphes du groupe unitaire considéré ; on dispose donc d'une machinerie géométrique pour globaliser des congruences locales qu'il s'agirait d'exploiter.

- *Projets de recherche* : les variétés de Shimura unitaires simples introduites par Kottwitz et dont l'étude par Harris et Taylor dans [15] a conduit à la preuve de la correspondance de Langlands locale, méritent particulièrement bien leur qualification de simplicité ; rappelons quelques unes de ces justifications :

- elles possèdent des modèles entiers à « tous » les niveaux qui sont modulaires via la notion de base de Drinfeld ;
- sur la fibre spéciale, les différentes filtrations, de Newton, de Kottwitz-Rapoport ou de Ekedahl-Oort, coïncident ;
- les strates de Newton sont équidimensionnelles ;
- l'adhérence d'une strate de Newton contient toutes les strates plus profondes.

Il s'ensuit une interaction facilement contrôlable entre les différentes strates : on peut ainsi exprimer l'extension par zéro d'un système local de Harris-Taylor comme une somme d'extensions intermédiaires de système locaux de Harris-Taylor relativement à des strates plus profondes. Ces relations permettent, en raisonnant par récurrence, d'explicitier le complexe des cycles évanescents ou encore les différents groupes de cohomologie. D'un autre côté les singularités associées à la position relative de ces strates sont suffisamment complexes pour « contenir » les correspondances de Langlands et de Jacquet-Langlands. Les perspectives sur ce thème peuvent grossièrement se grouper selon trois directions :

- prolonger l'étude de cet exemple miraculeux de simplicité et de richesse, en essayant :
  - de prouver le lemme d'Ihara ; la description des réseaux d'induction y est parfaitement compatible mais pour l'instant je n'ai pas réussi à obtenir de résultat concret dans cette direction ;
  - de traiter le cas  $l = p$  : ce thème s'exprime simplement, mais les difficultés techniques semblent considérables même en petite dimension ;
  - selon une question soulevée par J.-F. Dat, de comprendre géométriquement la correspondance de Langlands modulo  $l$ . Cette correspondance prouvée par Vignéras dans [20], dans le cas supercuspidal est uniquement déterminée par la propriété d'être compatible à la réduction modulo  $l$  de la correspondance classique. En ce qui concerne la correspondance entre les objets non supercuspidaux et les objets réductibles, elle est définie

purement combinatoirement. Au regard de notre énoncé, on voit que la cohomologie du modèle local de Deligne-Carayol n'intègre pas la correspondance de Langlands pour les représentations non supercuspidales (la monodromie a disparu). J.-F. Dat en utilisant les résultats de [5] mais en raisonnant dans la catégorie dérivée, a alors obtenu dans [11] un énoncé dans lequel il récupère la bonne monodromie. Signalons enfin que Dat a récemment formulé une conjecture sur une réalisation géométrique de la correspondance de Langlands modulo  $l$  ;

– à la manière de [18] ou [14], de penser à des questions d'augmentation du niveau ;

► se lancer dans l'étude d'autres variétés de Shimura. La situation est beaucoup plus complexe, en premier lieu parce que l'on ne dispose pas en général de bons modèles entiers en dehors du cas hyperspécial ou parahorique. À partir des résultats sur les variétés de Shimura étudiées, on pourrait essayer de prouver la conjecture de monodromie-poids pour d'autres groupes unitaires (notamment avec des signatures différentes en l'infini) ou encore en étudier la torsion.

## Références

- [1] A. A. Beilinson, J. Bernstein, and P. Deligne. Faisceaux pervers. In *Analysis and topology on singular spaces, I (Luminy, 1981)*, volume 100 of *Astérisque*, pages 5–171. Soc. Math. France, Paris, 1982.
- [2] V.G. Berkovich. Vanishing cycles for formal schemes. II. *Invent. Math.*, 125(2) :367–390., 1996.
- [3] P. Boyer. Mauvaise réduction des variétés de Drinfeld et correspondance de Langlands locale. *Invent. Math.*, 138(3) :573–629, 1999.
- [4] P. Boyer. Faisceaux pervers des cycles évanescents des variétés de Drinfeld et groupes de cohomologie du modèle de Deligne-Carayol. *Mém. Soc. Math. Fr. (N.S.)*, (116) :pp. viii+167, 2009.
- [5] P. Boyer. Monodromie du faisceau pervers des cycles évanescents de quelques variétés de Shimura simples. *Invent. Math.*, 177(2) :239–280, 2009.
- [6] P. Boyer. Cohomologie des systèmes locaux de Harris-Taylor et applications. *Compositio*, 146(2) :367–403, 2010.
- [7] P. Boyer. La  $z_l$ -cohomologie du modèle de Deligne-Carayol est sans torsion. <http://people.math.jussieu.fr/~boyer/recherche/torsion1.ps>, 2010.
- [8] P. Boyer. Réseaux d'induction des représentations elliptiques de Lubin-Tate. <http://people.math.jussieu.fr/~boyer/recherche/rep-modl.ps>, soumis, 2010.
- [9] H. Carayol. Nonabelian Lubin-Tate theory. In *Automorphic forms, Shimura varieties, and L-functions*, volume 11 of *Perspect. Math.*, pages 15–39. Academic Press, Boston, MA, 1990.
- [10] J.-F. Dat. Espaces symétriques de Drinfeld et correspondance de Langlands locale. *Ann. Sci. École Norm. Sup. (4)*, 39(1) :1–74, 2006.
- [11] J.-F. Dat. Nonabelian Lubin-Tate theory and elliptic representations. (Théorie de Lubin-Tate non-abélienne et représentations elliptiques.). *Invent. Math.*, 169(1) :75–152, 2007.
- [12] L. Fargues. Filtration de monodromie et cycles évanescents formels. *ce volume*.

- [13] L. Fargues and E. Mantovan. *Variétés de Shimura, espaces de Rapoport-Zink et correspondances de Langlands locales*. Astérisque 291. Paris : Société Mathématique de France. xii, 331 p., 2004.
- [14] K. Fujiwara. Level optimization in the totally real case. <http://front.math.ucdavis.edu/0602.5586>.
- [15] M. Harris, R. Taylor. *The geometry and cohomology of some simple Shimura varieties*, volume 151 of *Annals of Mathematics Studies*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 2001.
- [16] G. Laumon, M. Rapoport, and U. Stuhler.  $\mathcal{D}$ -elliptic sheaves and the Langlands correspondence. *Invent. Math.*, 113(2) :217–338, 1993.
- [17] B. Leclerc, J.-Y. Thibon, and E. Vasserot. Zelevinsky’s involution at roots of unity. *J. Reine Angew. Math.*, 513 :33–51, 1999.
- [18] A. Mokrane and J. Tilouine. Cohomology of Siegel varieties with  $p$ -adic integral coefficients and applications. *Astérisque*, (280) :1–95, 2002. Cohomology of Siegel varieties.
- [19] M.-F. Vignéras. Cohomology of sheaves on the building and  $R$ -representations. *Invent. Math.*, 127(2) :349–373, 1997.
- [20] M.-F. Vignéras. Correspondance de Langlands semi-simple pour  $GL(n, F)$  modulo  $l \neq p$ . *Invent. Math.*, 144(1) :177–223, 2001.