



**HAL**  
open science

# Groupe mirabolique, stratification de Newton raffinée et cohomologie des espaces de Lubin-Tate

Pascal Boyer

► **To cite this version:**

Pascal Boyer. Groupe mirabolique, stratification de Newton raffinée et cohomologie des espaces de Lubin-Tate. Bulletin de la société mathématique de France, 2020, 148 (1). hal-01393513v2

**HAL Id: hal-01393513**

**<https://hal.science/hal-01393513v2>**

Submitted on 5 Apr 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# GRUPE MIRABOLIQUE, STRATIFICATION DE NEWTON RAFFINÉE ET COHOMOLOGIE DES ESPACES DE LUBIN-TATE

*par*

Boyer Pascal

---

**Résumé.** — Dans [2], on détermine les groupes de cohomologie des espaces de Lubin-Tate par voie globale en calculant les fibres des faisceaux de cohomologie du faisceau pervers des cycles évanescents  $\Psi$  d'une variété de Shimura de type Kottwitz-Harris-Taylor. L'ingrédient le plus complexe consiste à contrôler les flèches de deux suites spectrales calculant l'une les faisceaux de cohomologie des faisceaux pervers d'Harris-Taylor, et l'autre ceux de  $\Psi$ . Dans cet article, nous contournons ces difficultés en utilisant la théorie classique des représentations du groupe mirabolique ainsi qu'un argument géométrique simple.

**Abstract (Mirabolic group, ramified Newton stratification and cohomology of Lubin-Tate spaces)**

In [2], we determine the cohomology of Lubin-Tate spaces globally using the comparison theorem of Berkovich by computing the fibers at supersingular points of the perverse sheaf of vanishing cycle  $\Psi$  of some Shimura variety of Kottwitz-Harris-Taylor type. The most difficult argument deals with the control of maps of the spectral sequences computing the sheaf cohomology of both Harris-Taylor perverse sheaves and those of  $\Psi$ . In this paper, we bypass these difficulties using the classical theory of representations of the mirabolic group and a simple geometric argument.

## Table des matières

1. Introduction.....	2
2. Géométrie des variétés de Shimura unitaires simples.....	3
3. Faisceaux pervers d'Harris-Taylor et des cycles évanescents.....	5
4. Deux représentations induites du groupe mirabolique.....	6
5. Stratification de Newton raffinée.....	9
6. Faisceaux de cohomologie des faisceaux pervers d'Harris-Taylor.....	11

---

**Classification mathématique par sujets (2010).** — 11F70, 11F80, 11F85, 11G18, 20C08.

**Mots clefs.** — Variétés de Shimura, cohomologie de torsion, idéal maximal de l'algèbre de Hecke, localisation de la cohomologie, représentation galoisienne.

L'auteur remercie l'ANR pour son soutien dans le cadre du projet PerCoLaTor 14-CE25.

7. Faisceaux de cohomologie du complexe des cycles évanescents.....	17
Références.....	19

## 1. Introduction

Le résultat principal de [2] est la détermination de chacun des groupes de cohomologie à coefficients dans  $\overline{\mathbb{Q}}_l$ , de la tour de Lubin-Tate. En utilisant le théorème de comparaison de Berkovich, la démonstration est de nature globale et consiste à calculer les germes en un point supersingulier des faisceaux de cohomologie du complexe des cycles évanescents  $\Psi_{\mathcal{I}}$  en une place  $v$  d'un corps CM,  $F$ , d'une tour de variétés de Shimura de type Kottwitz-Harris-Taylor  $X_{\mathcal{I}}$  indexée par l'ensemble  $\mathcal{I}$  de ses niveaux. La preuve se déroule alors en deux temps relativement distincts :

- Les auteurs de [5] associent à une représentation irréductible  $\rho_v$  du groupe des inversibles  $D_{v,h}^\times$  de l'algèbre à division centrale sur  $F_v$  d'invariant  $1/h$ , un système local  $\mathcal{L}(\rho_v)$ , dit d'Harris-Taylor, sur la strate de Newton  $X_{\mathcal{I},\bar{s}_v}^{\geq h}$  de la fibre spéciale en  $v$  de  $X_{\mathcal{I}}$  et calculent la somme alternée de leurs groupes de cohomologies à support compact. Dans [2] on exploite ce calcul en exprimant les images des faisceaux pervers  ${}^p j_{!*}^{\geq h} \mathcal{L}(\rho_v)[d-h]$  et  $\Psi_{\mathcal{I}}$  dans un groupe de Grothendieck de faisceaux pervers équivariants, en termes d'extensions intermédiaires de systèmes locaux d'Harris-Taylor sur les différentes strates de Newton. Il s'agit de la partie la plus simple de loc. cit., celle qui est contrôlée par la formule des traces.
- Dans un deuxième temps, on étudie les suites spectrales associées à la filtration par les poids de ces deux faisceaux pervers pour calculer les faisceaux de cohomologie de  ${}^p j_{!*}^{\geq h} \mathcal{L}(\rho_v)[d-h]$  et ceux de  $\Psi_{\mathcal{I}}$ . La partie la plus complexe de [2] consiste à contrôler les flèches de ces suites spectrales et au final, montrer « qu'elles sont le moins triviales possibles », au sens où dès que la source et le but d'une telle flèche partagent un sous-faisceau équivariant, cette flèche induit un isomorphisme sur ceux-ci.

Pour montrer ce fait, dans [2], on utilise une propriété de compatibilité à l'involution de Zelevinsky de la cohomologie des espaces de Lubin-Tate. Dans [3], on propose une autre démonstration plus simple conceptuellement mais aussi très lourde, reposant sur des calculs de groupes de cohomologie globaux et en utilisant le théorème de Lefschetz vache.

Ces deux preuves sont techniquement difficiles et ne permettent pas de réellement comprendre la raison profonde de la non trivialité de ces flèches. Le but premier de cet article est ainsi de proposer une nouvelle preuve simple et en un sens, naturelle. Plus précisément à partir de la première étape mentionnée ci-avant, nous utilisons tout d'abord, avec les notations du paragraphe suivant, le fait que l'inclusion

$$X_{\mathcal{I},\bar{s}_v,\bar{1}_h}^{\geq h} \setminus X_{\mathcal{I},\bar{s}_v,\bar{1}_{h+1}}^{\geq h+1} \hookrightarrow X_{\mathcal{I},\bar{s}_v,\bar{1}_h}^{\geq h}$$

est affine, cf. le lemme 5.2. Ensuite de la théorie classique des représentations induites du groupe mirabolique, rappelée au §4, on obtient, cf. les suites exactes courtes (6.1) et (6.3), une filtration, à deux crans, des faisceaux pervers d'Harris-Taylor, fournissant une suite spectrale qui dégénère en  $E_1$  et qui correspond au terme  $E_2 = E_\infty$  de la suite spectrale

de [2]. Autrement dit la détermination des flèches dans [2] est entièrement contrôlée par l'affinité de l'inclusion ci-dessus et la théorie des représentations du groupe mirabolique. Le même procédé appliqué au faisceau pervers des cycles évanescents fournit de la même façon, cf. la proposition 7.3, une filtration de celui-ci, dont la suite spectrale calculant ses faisceaux de cohomologie dégénère en  $E_1$ , cf. le corollaire 7.4, et coïncide avec le terme  $E_2 = E_\infty$  de la suite spectrale de [2].

Je remercie profondément J.-F. Dat pour l'intérêt qu'il porte à mon travail, ses questions et ses suggestions qui ont sérieusement contribué à l'amélioration du texte.

## 2. Géométrie des variétés de Shimura unitaires simples

Soit  $F = F^+E$  un corps CM avec  $E/\mathbb{Q}$  quadratique imaginaire, dont on fixe un plongement réel  $\tau : F^+ \hookrightarrow \mathbb{R}$ . Pour  $v$  une place de  $F$ , on notera

- $F_v$  le complété du localisé de  $F$  en  $v$ ,
- $\mathcal{O}_v$  l'anneau des entiers de  $F_v$ ,
- $\varpi_v$  une uniformisante et
- $q_v$  le cardinal du corps résiduel  $\kappa(v) = \mathcal{O}_v/(\varpi_v)$ .

Soit  $B$  une algèbre à division centrale sur  $F$  de dimension  $d^2$  telle qu'en toute place  $x$  de  $F$ ,  $B_x$  est soit décomposée soit une algèbre à division et on suppose  $B$  munie d'une involution de seconde espèce  $*$  telle que  $*|_F$  est la conjugaison complexe  $c$ . Pour  $\beta \in B^{*=-1}$ , on note  $\sharp_\beta$  l'involution  $x \mapsto x^{\sharp_\beta} = \beta x^* \beta^{-1}$  et  $G/\mathbb{Q}$  le groupe de similitudes défini pour toute  $\mathbb{Q}$ -algèbre  $R$  par

$$G(R) \simeq \{(\lambda, g) \in R^\times \times (B^{op} \otimes_{\mathbb{Q}} R)^\times \text{ tel que } gg^{\sharp_\beta} = \lambda\}$$

avec  $B^{op} = B \otimes_{F,c} F$ . Si  $x$  est une place de  $\mathbb{Q}$  décomposée  $x = yy^c$  dans  $E$  alors

$$G(\mathbb{Q}_x) \simeq (B_y^{op})^\times \times \mathbb{Q}_x^\times \simeq \mathbb{Q}_x^\times \times \prod_{z_i} (B_{z_i}^{op})^\times, \quad (2.1)$$

où, en identifiant les places de  $F^+$  au dessus de  $x$  avec les places de  $F$  au dessus de  $y$ ,  $x = \prod_i z_i$  dans  $F^+$ .

Dans [5], les auteurs justifient l'existence d'un  $G$  comme ci-dessus tel qu'en outre :

- si  $x$  est une place de  $\mathbb{Q}$  qui n'est pas décomposée dans  $E$  alors  $G(\mathbb{Q}_x)$  est quasi-déployé ;
- les invariants de  $G(\mathbb{R})$  sont  $(1, d-1)$  pour le plongement  $\tau$  et  $(0, d)$  pour les autres.

**2.2. Notation.** — On fixe un nombre premier  $l$  non ramifié dans  $E$  et on note  $\text{Spl}$  l'ensemble des places  $v$  de  $F$  telles que  $p_v := v|_{\mathbb{Q}} \neq l$  est décomposé dans  $F$  et  $B_v^\times \simeq GL_d(F_v)$ .

Rappelons, cf. [5] bas de la page 90, qu'un sous-groupe ouvert compact de  $G(\mathbb{A}^\infty)$  est dit « assez petit » s'il existe une place  $x$  pour laquelle la projection de  $U^v$  sur  $G(\mathbb{Q}_x)$  ne contienne aucun élément d'ordre fini autre que l'identité.

**2.3. Notation.** — Soit  $\mathcal{I}$  l'ensemble des sous-groupes compacts ouverts « assez petits » de  $G(\mathbb{A}^\infty)$ . Pour  $I \in \mathcal{I}$ , on note  $X_{I,\eta} \longrightarrow \text{Spec } F$  la variété de Shimura associée, dit de Kottwitz-Harris-Taylor.

*Remarque.* Pour tout  $v \in \text{Spl}$ , la variété  $X_{I,\eta}$  admet un modèle projectif  $X_{I,v}$  sur  $\text{Spec } \mathcal{O}_v$  de fibre spéciale  $X_{I,\bar{s}_v}$ . Pour  $I$  décrivant  $\mathcal{I}$ , le système projectif  $(X_{I,v})_{I \in \mathcal{I}}$  est naturellement muni d'une action de  $G(\mathbb{A}^\infty) \times \mathbb{Z}$  telle que l'action d'un élément  $w_v$  du groupe de Weil  $W_v$  de  $F_v$  est donnée par celle de  $-\deg(w_v) \in \mathbb{Z}$ , où  $\deg = \text{val} \circ \text{Art}^{-1}$  où  $\text{Art}^{-1} : W_v^{ab} \simeq F_v^\times$  est l'isomorphisme d'Artin qui envoie les Frobenius géométriques sur les uniformisantes.

**2.4. Notations.** — (cf. [2] §1.3) Pour  $I \in \mathcal{I}$ , la fibre spéciale géométrique  $X_{I,\bar{s}_v}$  admet une stratification de Newton

$$X_{I,\bar{s}_v} =: X_{I,\bar{s}_v}^{\geq 1} \supset X_{I,\bar{s}_v}^{\geq 2} \supset \cdots \supset X_{I,\bar{s}_v}^{\geq d}$$

où  $X_{I,\bar{s}_v}^{=h} := X_{I,\bar{s}_v}^{\geq h} - X_{I,\bar{s}_v}^{\geq h+1}$  est un schéma affine, lisse de pure dimension  $d - h$  formé des points géométriques dont la partie connexe du groupe de Barsotti-Tate est de rang  $h$ . Pour tout  $1 \leq h < d$ , nous utiliserons les notations suivantes :

$$i^h : X_{I,\bar{s}_v}^{\geq h} \hookrightarrow X_{I,\bar{s}_v}, \quad j^{\geq h} : X_{I,\bar{s}_v}^{=h} \hookrightarrow X_{I,\bar{s}_v}^{\geq h},$$

ainsi que  $j^{=h} = i^h \circ j^{\geq h}$ .

Soit  $\mathcal{G}(h)$  le groupe de Barsotti-Tate universel sur  $X_{I,\bar{s},1_h}^{=h}$  :

$$0 \rightarrow \mathcal{G}(h)^c \rightarrow \mathcal{G}(h) \rightarrow \mathcal{G}(h)^{et} \rightarrow 0$$

où  $\mathcal{G}(h)^c$  (resp.  $\mathcal{G}(h)^{et}$ ) est connexe (resp. étale) de dimension  $h$  (resp.  $d - h$ ). Notons  $\iota_{m_1} : (\mathcal{P}_v^{-m_1}/\mathcal{O}_v)^d \rightarrow \mathcal{G}(h)[p^{m_1}]$  la structure de niveau universelle. Notons alors  $(e_i(m_1))_{1 \leq i \leq d}$  la base canonique de  $(\mathcal{P}_v^{-m_1}/\mathcal{O}_v)^d$ .

**2.5. Définition.** — On introduit le sous-schéma fermé  $X_{I,\bar{s},1_h}^{=h}$  de  $X_{I,\bar{s}_v}^{=h}$  défini par la propriété que  $\{\iota_{m_1}(e_i(m_1)) : 1 \leq i \leq h\}$  forme une base de Drinfeld de  $\mathcal{G}(h)^c[p^{m_1}]$ .

Plus généralement étant donné  $a \in GL_d(\mathcal{O}_v)/P_{h,d-h}(\mathcal{O}_v)$  que l'on identifiera avec le sous-espace vectoriel  $\langle a(e_1), \dots, a(e_h) \rangle$  engendré par les images par  $a$  des  $h$  premiers vecteurs  $e_1, \dots, e_h$  de la base canonique de  $\mathcal{O}_v^d$ , on définit la strate dite pure<sup>(1)</sup>  $X_{I,\bar{s},a}^{=h}$  comme le sous-schéma fermé tel que  $\{\iota_{m_1}(a(e_i(m_1))) : 1 \leq i \leq h\}$  forme une base de Drinfeld de  $\mathcal{G}(h)^c[p^{m_1}]$ , où  $e_i(m_1)$  est l'image de  $e_i$  modulo  $\mathcal{P}_v^{m_1}$ .

*Remarque.* L'action de  $GL_d(F_v)$  sur  $X_{I,\bar{s}_v}^{=h}$  donne la décomposition

$$X_{I,\bar{s}_v}^{=h} \simeq X_{I,\bar{s}_v,1_h}^{=h} \times_{P_{h,d}(\mathcal{O}_v/(\varpi_v^n))} GL_d(\mathcal{O}_v/(\varpi_v^n)), \quad (2.6)$$

au sens où la strate  $X_{I,\bar{s}_v,a}^{=h}$  s'obtient comme l'image par  $a$  de  $X_{I,\bar{s},1_h}^{=h}$ .

**2.7. Notation.** — On note  $X_{I,\bar{s}_v,1_h}^{\geq h}$  l'adhérence de  $X_{I,\bar{s}_v,1_h}^{=h}$  dans  $X_{I,\bar{s}_v}^{\geq h}$  et

$$j_{1_h}^{\geq h} : X_{I,\bar{s}_v,1_h}^{=h} \hookrightarrow X_{I,\bar{s}_v,1_h}^{\geq h},$$

ainsi que  $j_{1_h}^{=h} := i_{1_h}^h \circ j_{1_h}^{\geq h}$  où  $i_{1_h}^h : X_{I,\bar{s}_v,1_h}^{\geq h} \hookrightarrow X_{I,\bar{s}_v}$ .

1. en comparaison des strates de la définition 5.1

### 3. Faisceaux pervers d'Harris-Taylor et des cycles évanescents

Fixons une place  $v \in \text{Spl}$ . En utilisant un analogue des classiques variétés d'Igusa, les auteurs de [5] associent à toute représentation  $\rho_v$  de l'ordre maximal  $\mathcal{D}_{v,h}^\times$  de  $D_{v,h}^\times$ , un système local  $\mathcal{L}(\rho_v)_{\overline{1}_h}$  sur  $X_{\overline{1}_h}^{\overline{h}}$  muni d'une action équivariante de  $G(\mathbb{A}^{\infty,p}) \times P_{h,d}(F_v) \times \mathbb{Z}$  telle que

- le sous-groupe unipotent de  $P_{h,d}(F_v)$  agit trivialement et
- l'action du facteur  $GL_h(F_v)$  de son Levi agit via  $\text{val} \circ \det : GL_h(F_v) \rightarrow \mathbb{Z}$ .

On introduit alors la version induite de ces systèmes locaux

$$\mathcal{L}(\rho_v) := \mathcal{L}(\rho_v)_{\overline{1}_h} \times_{P_{h,d}(F_v)} GL_d(F_v),$$

muni donc d'une action équivariante de  $G(\mathbb{A}^{\infty,p}) \times GL_d(F_v) \times \mathbb{Z}$ .

**3.1. Notation.** — La correspondance de Jacquet-Langlands permet de paramétrer les  $\overline{\mathbb{Q}}_l$ -représentations irréductibles de  $D_{v,h}^\times$  à l'aide des représentations irréductibles cuspidales  $\pi_v$  de  $GL_g(F_v)$  pour  $g$  un diviseur de  $h = tg$ , on écrit une telle représentation sous la forme  $\pi_v[t]_D$ .

**3.2. Notation.** — Pour  $\pi_v$  une représentation irréductible cuspidale de  $GL_g(F_v)$  et  $\Pi_t$  une représentation de  $GL_{tg}(F_v)$ , on note<sup>(2)</sup>, cf. la première remarque de 2.1.3 de [2],

$$\widetilde{HT}_{\overline{1}_{tg}}(\pi_v, \Pi_t)(n) := \mathcal{L}(\pi_v[t]_D)_{\overline{1}_{tg}} \otimes \Pi_t \otimes \Xi^{\frac{tg-d}{2}-n}$$

le système local d'Harris-Taylor associé où

$$\Xi : \frac{1}{2}\mathbb{Z} \longrightarrow \overline{\mathbb{Z}}_l^\times$$

est définie par  $\Xi(\frac{1}{2}) = q^{1/2}$  et

- $GL_{tg}(F_v)$  agit diagonalement sur  $\Pi_t$  et sur  $\mathcal{L}(\pi_v[t]_D)_{\overline{1}_{tg}} \otimes \Xi^{\frac{tg-d}{2}-n}$  via son quotient  $GL_{tg}(F_v) \twoheadrightarrow \mathbb{Z}$ ,
- le groupe de Weil  $W_v$  en  $v$  agit sur le facteur  $\Xi^{\frac{tg-d}{2}-n}$  via l'application  $\text{deg} : W_v \rightarrow \mathbb{Z}$  qui envoie les frobenius géométriques sur 1.

On note aussi

$$HT_{\overline{1}_{tg}}(\pi_v, \Pi_t) := \widetilde{HT}_{\overline{1}_{tg}}(\pi_v, \Pi_t)[d - tg]$$

et

$$P(t, \pi_v)_{\overline{1}_{tg}} := j_{\overline{1}_{tg}, !}^{-tg} HT_{\overline{1}_{tg}}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v)) \otimes \mathbb{L}(\pi_v)$$

le faisceau pervers d'Harris-Taylor associé où  $\mathbb{L}^\vee$  est la correspondance Langlands sur  $F_v$ . En ce qui concerne les versions induites on les notera sans l'indice  $\overline{1}_{tg}$ , i.e.  $HT(\pi_v, \Pi_t)$  et  $P(t, \pi_v)$ .

2. Lorsque  $n = 0$ , on le fera disparaître des notations.

*Remarque.* On rappelle que  $\pi'_v$  est inertiellement équivalente à  $\pi_v$  si et seulement s'il existe un caractère  $\zeta : \mathbb{Z} \rightarrow \overline{\mathbb{Q}}_l^\times$  tel que

$$\pi'_v \simeq \pi_v \otimes (\zeta \circ \text{val} \circ \det).$$

Les faisceaux pervers  $P(t, \pi_v)$  ne dépend que de la classe d'équivalence inertielle de  $\pi_v$  i.e. pour tout  $\chi : \mathbb{Z} \rightarrow \overline{\mathbb{Q}}_l^\times$ , les faisceaux pervers  $P(t, \pi_v)$  et  $P(t, \pi_v \otimes \chi)$ , munis de leurs actions par correspondances, sont isomorphes. En particulier, en notant  $e_{\pi_v}$  la longueur de la restriction de  $\pi_v[1]_D$  à  $\mathcal{D}_{v,g}^\times$ , on a

$$P(t, \pi_v) = e_{\pi_v} \mathcal{P}(t, \pi_v)$$

où  $\mathcal{P}(t, \pi_v)$  est un faisceau pervers équivariant simple. De la même façon, il existe un système local  $\mathcal{HT}(\pi_v, \Pi_t)$  tel que  $HT(\pi_v, \Pi_t) = e_{\pi_v} \mathcal{HT}(\pi_v, \Pi_t)$ .

**3.3. Définition.** — Pour tout  $I \in \mathcal{I}$ , le faisceaux pervers des cycles évanescents  $R\Psi_{\eta_v, I}(\overline{\mathbb{Q}}_l[d-1])(\frac{d-1}{2})$  sur  $X_{I, \bar{s}_v}$  sera noté  $\Psi_I$ . Le faisceau pervers de Hecke associé sur  $X_{\mathcal{I}, \bar{s}_v}$  est noté  $\Psi_{\mathcal{I}}$ .

Dans [2], on décompose dans le groupe de Grothendieck des faisceaux pervers équivariants sur  $X_{\mathcal{I}, \bar{s}_v}$  relativement à l'action de Hecke et du groupe de Weil en  $v$ , le faisceau pervers  $\Psi_{\mathcal{I}}$  en termes des faisceaux pervers d'Harris-Taylor  $\mathcal{P}(t, \pi_v)(n)$ .

**3.4. Notation.** — Pour  $K^\bullet$  un complexe de faisceaux, on notera  $\mathcal{H}^i K^\bullet$  son  $i$ -ème faisceau de cohomologie.

## 4. Deux représentations induites du groupe mirabolique

Le nouvel argument pour calculer les faisceaux de cohomologie des faisceaux pervers d'Harris-Taylor et du complexe des cycles évanescents, repose sur deux lemmes, le premier 4.4 de théorie des représentations du groupe mirabolique et le deuxième 5.2 de nature géométrique.

**4.1. Définition.** — Soit  $P = MN$  un parabolique standard de  $GL_n$  de Lévi  $M$  et de radical unipotent  $N$ . On note  $\delta_P : P(F_v) \rightarrow \overline{\mathbb{Q}}_l^\times$  l'application définie par  $\delta_P(h) = |\det(\text{ad}(h)|_{\text{Lie}N})|^{-1}$ . Pour  $(\pi_1, V_1)$  et  $(\pi_2, V_2)$  des représentations de respectivement  $GL_{n_1}(F_v)$  et  $GL_{n_2}(F_v)$ , et  $P_{n_1, n_1+n_2}$  le parabolique standard de  $GL_{n_1+n_2}$  de Lévi  $M = GL_{n_1} \times GL_{n_2}$  et de radical unipotent  $N$ ,

$$\pi_1 \times \pi_2$$

désigne l'induite parabolique normalisée de  $P_{n_1, n_1+n_2}(F_v)$  à  $GL_{n_1+n_2}(F_v)$  de  $\pi_1 \otimes \pi_2$  c'est à dire l'espace des fonctions  $f : GL_{n_1+n_2}(F_v) \rightarrow V_1 \otimes V_2$  telles que

$$f(nmg) = \delta_{P_{n_1, n_1+n_2}}^{-1/2}(m)(\pi_1 \otimes \pi_2)(m)(f(g)), \quad \forall n \in N, \forall m \in M(F_v), \forall g \in GL_{n_1+n_2}(F_v),$$

ou encore en terme d'induite classique

$$\pi_1 \times \pi_2 \simeq \text{ind}_{P_{n_1, n_1+n_2}(F_v)}^{GL_{n_1+n_2}(F_v)} \pi_1 \left\{ \frac{n_2}{2} \right\} \otimes \pi_2 \left\{ -\frac{n_1}{2} \right\}. \quad (4.2)$$

*Remarque.* Rappelons qu'une représentation  $\pi$  de  $GL_n(F_v)$  est dite *cuspidale* si elle n'est pas un sous-quotient d'une induite parabolique propre.

**4.3. Notations.** — (cf. [7] §2) Soient  $g$  un diviseur de  $d = sg$  et  $\pi_v$  une représentation cuspidale irréductible de  $GL_g(F_v)$ .

— L'unique quotient (resp. sous-représentation) irréductible de

$$\pi_v\left\{\frac{1-s}{2}\right\} \times \pi_v\left\{\frac{3-s}{2}\right\} \times \cdots \times \pi_v\left\{\frac{s-1}{2}\right\}$$

est noté  $St_s(\pi_v)$  (resp.  $Speh_s(\pi_v)$ ).

— L'unique sous-espace irréductible de

$$St_t(\pi_v\left\{\frac{-s}{2}\right\}) \times Speh_s(\pi_v\left\{\frac{t}{2}\right\})$$

est noté  $LT_{\pi_v}(t-1, s)$ .

Notons  $M_n(F_v)$  le sous-groupe mirabolique de  $GL_n(F_v)$  défini comme le sous-groupe de  $P_{1,n}(F_v)$  dont le premier coefficient en haut à gauche est égal à 1. Suivant [1] une représentation irréductible  $\tau$  de  $M_n(F)$  admet une unique dérivée non nulle, disons d'ordre  $k$ , qui est alors une représentation irréductible  $\tau^{(k)}$  de  $GL_{n-k}(F_v)$  : on peut en outre reconstituer  $\tau$  à partir de cette dérivée.

*Remarque.* Dans [1], les auteurs utilisent plutôt le groupe obtenu à partir de  $M_n(F_v)$  en tordant les actions par  $g \mapsto \sigma(tg^{-1})\sigma^{-1}$ , où  $\sigma$  est la matrice de permutation associé au cycle  $(12 \cdots n)$ . Le calcul des dérivées de [7] theorem 3.5, proposition 9.6 est alors inversé, cf. les exemples ci-après.

Pour étudier les représentations de  $GL_n(F)$  et notamment décrire les sous-quotients irréductibles des induites paraboliques comme ci-avant, le principe est alors de les restreindre au groupe mirabolique et de regarder leurs dérivées. On a en particulier les calculs de dérivées suivant.

- On a une formule de Leibnitz :  $(\pi_1 \times \pi_2)^{(k)}$  admet une filtration dont les gradués sont les  $(\pi_1)^{(i)} \times (\pi_2)^{(k-i)}$  pour  $i = 0, \dots, k$ .
- $Speh_s(\pi_v)$  possède une unique dérivée non nulle d'ordre  $g$  isomorphe à  $Speh_{s-1}(\pi_v\left\{\frac{1}{2}\right\})$ .
- Les dérivées d'ordre  $k$  de  $St_s(\pi_v)$  sont nulles si  $k$  n'est pas de la forme  $tg$  pour  $1 \leq t \leq s$ . Pour  $k = tg$  avec  $1 \leq t < s$ , cette dérivée est isomorphe à  $St_{s-t}(\pi_v\left\{-\frac{t}{2}\right\})$ .
- Les dérivées d'ordre  $k$  de  $LT_{\pi_v}(t-1, s)$  sont nulles si  $k$  n'est pas de la forme  $\delta g$  pour  $1 \leq k \leq t$ . Pour un tel  $k = \delta g$ , elle est isomorphe à la représentation induite irréductible  $St_{t-\delta}(\pi_v\left\{-\frac{\delta+s}{2}\right\}) \times Speh_s(\pi_v\left\{\frac{t}{2}\right\})$ .

*Remarque.* Pour  $LT_{\pi_v}(t, s-1)$ , on trouve

$$LT_{\pi_v}(t, s-1)^{(\delta g)} = St_{t+1-\delta}(\pi_v\left\{-\frac{\delta+s-1}{2}\right\}) \times Speh_{s-1}(\pi_v\left\{\frac{t+1}{2}\right\}).$$



Le support cuspidal de  $LT_{\pi_v}(t-1, s)^{(\delta g)}$  est ainsi

$$\pi_v\left\{\frac{1-s-t}{2}\right\}, \pi_v\left\{\frac{3-s-t}{2}\right\}, \dots, \pi_v\left\{\frac{-1-s+t-2\delta}{2}\right\}, \\ \pi_v\left\{\frac{1-s+t}{2}\right\}, \pi_v\left\{\frac{3-s+t}{2}\right\}, \dots, \pi_v\left\{\frac{s+t-1}{2}\right\},$$

alors que celui de  $LT_{\pi_v}(t, s-1)^{(\delta g)}$  est

$$\pi_v\left\{\frac{1-s-t}{2}\right\}, \pi_v\left\{\frac{3-s-t}{2}\right\}, \dots, \pi_v\left\{\frac{1-s+t-2\delta}{2}\right\}, \\ \pi_v\left\{\frac{3-s+t}{2}\right\}, \pi_v\left\{\frac{5-s+t}{2}\right\}, \dots, \pi_v\left\{\frac{s+t-1}{2}\right\}.$$

On notera en particulier que ces supports sont distincts et que donc  $LT_{\pi_v}(t-1, s)$  et  $LT_{\pi_v}(t, s-1)$  ont des dérivées irréductibles distinctes ou nulles.

**4.4. Lemme.** — Soit  $\pi_v$  une représentation irréductible cuspidale de  $GL_g(F_v)$ , alors en tant que représentation du parabolique  $P_{1, (t+s)g}(F_v)$ , on a des isomorphismes

$$\mathrm{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)} \times \mathrm{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\}) \simeq LT_{\pi_v}(t-1, s)|_{M_{(t+s)g}(F_v)},$$

et

$$\mathrm{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\}) \times \mathrm{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})|_{M_{sg}(F_v)} \simeq LT_{\pi_v}(t, s-1)|_{M_{(t+s)g}(F_v)},$$

où dans le premier isomorphisme, l'induite parabolique est relativement à

$$\begin{pmatrix} M_{tg} & U \\ 0 & GL_{sg} \end{pmatrix}$$

alors que dans le deuxième, il s'agit de l'induite à support compact relativement à

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & V_{sg-1} \\ 0 & GL_{tg} & U \\ 0 & 0 & GL_{sg-1} \end{pmatrix},$$

où on note  $V_{n-1}(F_v) \simeq F_v^{n-1}$  le radical unipotent de  $M_n(F_v)$ .

*Démonstration.* — On rappelle cf. par exemple [6] §III.1.10, que

$$0 \rightarrow \mathrm{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\}) \times \mathrm{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})|_{M_{sg}(F_v)} \\ \rightarrow \left( \mathrm{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\}) \times \mathrm{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\}) \right)|_{M_{(t+s)g}(F_v)} \\ \rightarrow \mathrm{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)} \times \mathrm{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\}) \rightarrow 0,$$

où le deuxième terme est l'induite parabolique relativement à  $\begin{pmatrix} M_{tg} & U \\ 0 & GL_{sg} \end{pmatrix}$  et le premier, l'induite à support compact relativement à  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & V_{sg-1} \\ 0 & GL_{tg} & U \\ 0 & 0 & GL_{sg-1} \end{pmatrix}$ . En outre pour tout  $k \geq 0$ , la dérivée d'ordre  $k$  de  $\text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)} \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})$  est, cf. [6] p153, donnée par celle de  $\text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)}$  induite avec  $\text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})$ , i.e.

$$\left(\text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)} \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})\right)^{(k)} \simeq \left(\text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)}\right)^{(k)} \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\}).$$

Ainsi on remarque que  $\text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)} \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})$  et  $LT_{\pi_v}(t-1, s)|_{M_{(t+s)g}(F_v)}$  ont les mêmes dérivées. Considérons alors le morphisme composé

$$\begin{aligned} LT_{\pi_v}(t-1, s)|_{M_{(t+s)g}(F_v)} &\hookrightarrow \left(\text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\}) \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})\right)|_{M_{(t+s)g}(F_v)} \\ &\twoheadrightarrow \text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)} \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\}) \end{aligned}$$

et notons  $K \hookrightarrow \text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\}) \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})|_{M_{sg}(F_v)}$  son noyau. Par soustraction, les dérivées de  $\text{St}_t(\pi_v\{-\frac{s}{2}\}) \times \text{Speh}_s(\pi_v\{\frac{t}{2}\})|_{M_{sg}(F_v)}$  sont les mêmes que celles de  $LT_{\pi_v}(t, s-1)|_{M_{(t+s)g}(F_v)}$  et sont donc, d'après la remarque précédente, distinctes de celles de  $LT_{\pi_v}(t-1, s)|_{M_{(t+s)g}(F_v)}$  et donc des sous-quotients non nuls de  $K$ , de sorte que  $K$  est nécessairement nul, i.e.

$$LT_{\pi_v}(t-1, s) \hookrightarrow \text{St}_t(\pi\{-\frac{s}{2}\})|_{M_{tg}(F_v)} \times \text{Speh}_s(\pi\{\frac{t}{2}\}).$$

Comme ces deux termes ont les mêmes dérivées, cette injection est un isomorphisme.  $\square$

## 5. Stratification de Newton raffinée

**5.1. Définitions.** — Pour tout  $h_0 \leq h$ , on introduit les strates « non pures » suivantes

$$X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0}}^{\geq h} := X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v}^{\geq h} \cap X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0}}^{\geq h_0},$$

ainsi que

$$X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0} \setminus \mathbb{1}_{h_0+1}}^{\geq h} := X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0}}^{\geq h} \setminus X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0+1}}^{\geq h'} \quad \text{où} \quad \begin{cases} h' = h & \text{si } h_0 < h \\ h' = h + 1 & \text{sinon.} \end{cases}$$

On notera alors

$$j_{\mathbb{1}_{h_0} \setminus \mathbb{1}_{h_0+1}}^{\geq h} : X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0} \setminus \mathbb{1}_{h_0+1}}^{\geq h} \hookrightarrow X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0}}^{\geq h}, \quad i_{\mathbb{1}_{h_0}, \mathbb{1}_{h_0+1}}^{h \leq +1} : X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0+1}}^{\geq h+1} \hookrightarrow X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_{h_0}}^{\geq h},$$

et  $j_{\mathbb{1}_{h_0} \setminus \mathbb{1}_{h_0+1}}^{\leq h} := i_{\mathbb{1}_{h_0}}^h \circ j_{\mathbb{1}_{h_0} \setminus \mathbb{1}_{h_0+1}}^{\geq h}$ . Dans le cas  $h_0 = h$ , on notera simplement

$$X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \neq 1}^{\geq h} := X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \mathbb{1}_h \setminus \mathbb{1}_{h+1}}^{\geq h}$$

ainsi que  $j_{\neq 1}^{\neq h} := j_{\overline{1_h} \setminus \overline{1_{h+1}}}$ . On utilisera aussi la notation

$$i_{\overline{1_{h_0}}, \overline{1_{h_0+1}}}^{h+1 \leq +0} : X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0+1}}}^{\geq h+1} \hookrightarrow X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\geq h+1}.$$

**5.2. Lemme.** — L'inclusion ouverte  $j_{\neq 1}^{\geq h}$  est affine.

*Démonstration.* — Soit  $\mathcal{G}(h)$  le groupe de Barsotti-Tate universel sur  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_h}}^{\neq h}$  :

$$0 \rightarrow \mathcal{G}(h)^c \rightarrow \mathcal{G}(h) \rightarrow \mathcal{G}(h)^{et} \rightarrow 0$$

où  $\mathcal{G}(h)^c$  (resp.  $\mathcal{G}(h)^{et}$ ) est connexe (resp. étale) de dimension  $h$  (resp.  $d - h$ ). Notons

$$\iota_{m_1} : (\mathcal{P}_v^{-m_1} / \mathcal{O}_v)^d \rightarrow \mathcal{G}(h)[p^{m_1}]$$

la structure de niveau universelle. Notant  $(e_i)_{1 \leq i \leq d}$  la base canonique de  $(\mathcal{P}_v^{-m_1} / \mathcal{O}_v)^d$ , on rappelle alors que  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_h}}^{\neq h}$  est défini par la propriété que  $\{\iota_{m_1}(e_i) : 1 \leq i \leq h\}$  forme une base de Drinfeld de  $\mathcal{G}(h)^c[p^{m_1}]$ .

Ainsi pour tout  $\text{Spec } A \rightarrow X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_h}}^{\geq h}$ , le fermé  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h+1}}}^{\geq h+1} \times_{X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_h}}^{\geq h}} \text{Spec } A$  est donné par l'annulation de  $\iota(e_{h+1})$ , d'où le résultat.  $\square$

**5.3. Notation.** — Pour  $h_0 < h$  et un système local d'Harris-Taylor  $HT(\pi_v, \Pi_t)$  sur  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}}^{\neq h}$ , avec donc  $h = tg$ , on notera

$$HT_{\neq \overline{1_{h_0}}}(\pi_v, \Pi_t)$$

la restriction de  $HT(\pi_v, \Pi_t)$  à  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \neq \overline{1_{h_0}}}^{\neq h}$ . Lorsque  $h = h_0$ , on notera plus simplement  $HT_{\neq 1}(\pi_v, \Pi_t)$ .

On introduit de même  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\neq h} := X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}}^{\neq h} \cap X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\geq h_0}$  ainsi que son adhérence  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\geq h}$  dans  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}}^{\geq h}$  avec

$$j_{\overline{1_{h_0}}}^{\geq h} : X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\neq h} \hookrightarrow X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\geq h}$$

et  $j_{\overline{1_{h_0}}}^{\neq h} = i_{\overline{1_{h_0}}}^h \circ j_{\overline{1_{h_0}}}^{\geq h}$  où  $i_{\overline{1_{h_0}}}^h : X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\geq h} \hookrightarrow X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}}$ . On notera aussi, cf. (2.6)

$$HT_{\overline{1_{h_0}}}(\pi_v, \Pi_t) = HT_{\overline{1_h}}(\pi_v, \Pi_t) \times_{P_{h_0, h, d}(F_v)} P_{h, d}(F_v)$$

la restriction de  $HT(\pi_v, \Pi_t)$  à  $X_{\mathcal{L}, \overline{s_v}, \overline{1_{h_0}}}^{\neq h}$ .

Fixons à présent une représentation irréductible cuspidale  $\pi_v$  de  $GL_g(F_v)$  et notons  $s = \lfloor \frac{d}{g} \rfloor$ . Rappelons l'énoncé suivant de [2] 4.5.1 dans le groupe de Grothendieck des faisceaux pervers de Hecke <sup>(3)</sup>

$$j_{\overline{1_{tg}}, !}^{\neq tg} HT_{\overline{1_{tg}}}(\pi_v, \Pi_t) = \sum_{i=t}^s {}^p j_{\overline{1_{tg}}, !}^{\neq ig} HT_{\overline{1_{tg}}}(\pi_v, \Pi_t \{ (i-t) \frac{g-1}{2} \} \otimes \text{St}_{i-t}(\pi_v \{ -t \frac{g-1}{2} \})) \left( \frac{i-t}{2} \right). \quad (5.4)$$

3. pour les torsions, cf. la formule (4.2)

Dans [2], pour calculer les germes des faisceaux de cohomologie de  ${}^p j_{1_{tg},!}^{-tg} HT_{1_{tg}}(\pi_v, \Pi_t)$ , on procède comme suit.

(a) On considère tout d'abord la filtration par les poids de  $j_{1_{tg},!}^{-tg} HT_{1_{tg}}(\pi_v, \Pi_t)$ , soit

$$\text{Fil}^{t-s}(\pi_v, \Pi_t) \subset \cdots \subset \text{Fil}^{-1}(\pi_v, \Pi_t) \subset \text{Fil}^0(\pi_v, \Pi_t) = j_{1_{tg},!}^{-tg} HT_{1_{tg}}(\pi_v, \Pi_t)$$

dont les gradués sont

$$\text{gr}^{-k}(\pi_v, \Pi_t) \simeq {}^p j_{1_{tg},!}^{-(t+k)g} HT_{1_{tg}}(\pi_v, \Pi_t \{k \frac{g-1}{2}\} \otimes \text{St}_k(\pi_v \{-t \frac{g-1}{2}\}))(-\frac{k}{2}).$$

(b) On dispose alors d'une suite spectrale faisceautique

$$E_1^{p,q} = \mathcal{H}^{p+q} \text{gr}^{-p}(\pi_v, \Pi_t) \Rightarrow \mathcal{H}^{p+q} j_{1,!}^{-tg} HT_1(\pi_v, \Pi_t). \quad (5.5)$$

Pour tout point géométrique  $z$  de  $X_{\mathbb{Z}, \bar{s}_v}^{-h}$ , la fibre en  $z$  de l'aboutissement de cette suite spectrale est connue, nulle dès que  $h > tg$ . En raisonnant par récurrence les fibres en  $z$  des  $E_1^{p,q}$  sont aussi connues pour tout  $(p, q)$  si  $p > 0$  :

- si  $h$  n'est pas de la forme  $(t + \delta)g$  alors les fibres en  $z$  de  $E_1^{p,q}$  pour  $p > 0$  sont toutes nulles ;
- pour  $h = (t + \delta)g$ , elles sont nulles sauf pour  $q = (t + \delta)g - d - \delta$ .

(c) Ainsi pour calculer les fibres des faisceaux de cohomologie de  $j_{1,!}^{-tg} HT_1(\pi_v, \Pi_t)$ , on est ramené à étudier les flèches  $d_1^{p,q}$  pour  $q = (t + \delta)g - d - \delta$  et  $p > 0$ , et à montrer qu'elles sont non nulles ce qui suffit à les caractériser.

Le but des paragraphes suivant est de proposer une nouvelle preuve élémentaire utilisant simplement les applications  $j_{\neq 1}^{-h}$  et la théorie des représentations du groupe mirabolique.

## 6. Faisceaux de cohomologie des faisceaux pervers d'Harris-Taylor

Commençons par poser  $h := tg$  et

$$P(\pi_v, \Pi_t) := i_*^{h+1} {}^p \mathcal{H}^{-1} i_{1_h}^{h+1,*} \left( {}^p j_{1_h,!}^{-h} HT_{1_h}(\pi_v, \Pi_t) \right),$$

de sorte que

$$0 \rightarrow P(\pi_v, \Pi_t) \rightarrow j_{1_h,!}^{-h} HT_{1_h}(\pi_v, \Pi_t) \rightarrow {}^p j_{1_h,!}^{-h} HT_{1_h}(\pi_v, \Pi_t) \rightarrow 0. \quad (6.1)$$

**6.2. Lemme.** — *Le complexe  $i_{1_{h+1}}^{h+1,*} P(\pi_v, \Pi_t)$  est pervers.*

*Démonstration.* — Suivant la notation 2.7, notons  $F := {}^p j_{1_h,!}^{-h} HT_{1_h}(\pi_v, \Pi_t)$  de sorte qu'il s'agit de montrer que

$$i_{1_h, 1_{h+1}}^{h+1 \leq +0,*} \left( {}^p \mathcal{H}^{-1} i_{1_h}^{h \leq +1,*} F \right)$$

est pervers. Pour ce faire, on utilise la suite spectrale

$$E_2^{r,s} = {}^p \mathcal{H}^r i_{1_h, 1_{h+1}}^{h+1 \leq +0,*} \left( {}^p \mathcal{H}^s i_{1_h}^{h \leq +1,*} F \right) \Rightarrow {}^p \mathcal{H}^{r+s} i_{1_h, 1_{h+1}}^{h \leq +1,*} F.$$

Considérons le triangle distingué

$$j_{1_h,!}^{\geq h} j_{1_h}^{\geq h,*} F \rightarrow F \rightarrow i_{1_h,*}^{h \leq +1} i_{1_h}^{h \leq +1,*} F \rightsquigarrow .$$

Comme  $j_{\overline{1}_h}^{\geq h}$  est affine, alors  $j_{\overline{1}_h}^{\geq h}, j_{\overline{1}_h}^{\geq h,*} F$  est pervers et la suite exacte longue de cohomologie perverse du triangle distingué précédent s'écrit

$$0 \rightarrow i_{\overline{1}_h,*}^{h \leq +1} p\mathcal{H}^{-1} i_{\overline{1}_h}^{h \leq +1,*} F \longrightarrow {}^p j_{\overline{1}_h,!}^{\geq h}, j_{\overline{1}_h}^{\geq h,*} F \longrightarrow F \longrightarrow i_{\overline{1}_h,*}^{h \leq +1} p\mathcal{H}^0 i_{\overline{1}_h}^{h \leq +1,*} F \rightarrow 0,$$

et donc en particulier,  ${}^p \mathcal{H}^s i_{\overline{1}_h}^{h \leq +1,*} F$  est nul pour tout  $s < -1$ . La surjectivité  $j_{\overline{1}_h,!}^{\geq h}, j_{\overline{1}_h}^{\geq h,*} F \rightarrow F$ , implique aussi la nullité pour  $s = 0$ . Ainsi la suite spectrale précédente dégénère en  $E_2$  avec

$${}^p \mathcal{H}^r i_{\overline{1}_h, \overline{1}_{h+1}}^{h \leq +1,*} F \simeq {}^p \mathcal{H}^{r+1} i_{\overline{1}_h, \overline{1}_{h+1}}^{h+1 \leq +0,*} ({}^p \mathcal{H}^{-1} i_{\overline{1}_h}^{h \leq +1,*} F).$$

De la même façon, comme  $j_{\overline{1}_h}^{\geq h}$  est affine,  ${}^p \mathcal{H}^r i_{\overline{1}_h, \overline{1}_{h+1}}^{h \leq +1,*} F$  est nul pour  $r < -1$ , d'où le résultat.  $\square$

En particulier, on a donc une suite exacte courte de faisceaux pervers

$$0 \rightarrow j_{\overline{1}_h \setminus \overline{1}_{h+1},!}^{h+1}, j_{\overline{1}_h \setminus \overline{1}_{h+1}}^{h+1,*} P(\pi_v, \Pi_t) \longrightarrow P(\pi_v, \Pi_t) \longrightarrow i_{\overline{1}_{h+1},*}^{h+1}, {}^p i_{\overline{1}_{h+1}}^{h+1,*} P(\pi_v, \Pi_t) \rightarrow 0. \quad (6.3)$$

**6.4. Proposition.** — (cf. aussi le lemme B.3.3 de [4])

Avec les notations précédentes on a

$$i_{\overline{1}_{tg+1},*}^{tg+1}, {}^p i_{\overline{1}_{tg+1}}^{tg+1,*} P(\pi_v, \Pi_t) \simeq {}^p j_{\overline{1}_{tg+1},!}^{=(t+1)g} HT_{\overline{1}_{tg+1}}(\pi_v, \Pi_t \{ \frac{g-1}{2} \} \otimes (\pi_v)_{|P_{1,g}(F_v)} \{ -t \frac{g-1}{2} \}) (\frac{1}{2}).$$

*Remarque.* Rappelons que le terme de droite de l'isomorphisme de la proposition précédente est une notation pour

$$\text{ind}_{P_{tg, tg+1, (t+1)g, d}(F_v)}^{P_{tg, tg+1, d}(F_v)} {}^p j_{\overline{1}_{(t+1)g},!}^{=(t+1)g} HT_{\overline{1}_{(t+1)g}}(\pi_v, \Pi_t \{ \frac{g-1}{2} \} \otimes (\pi_v)_{|P_{1,g}(F_v)} \{ -t \frac{g-1}{2} \}) (\frac{1}{2}).$$

Avant de donner la preuve de cette proposition, commençons par deux corollaires.

**6.5. Corollaire.** — Soient  $h_0 \geq h = tg$  et  $z$  un point géométrique de  $X_{\overline{\mathcal{L}}, \overline{s}_v, \overline{1}_h}^{=h_0}$ . Le germe en  $z$  du  $i$ -ème faisceau de cohomologie de  ${}^p j_{\overline{1}_h,!}^{=tg} HT_{\overline{1}_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v))$  est

- nul si  $(h_0, i)$  n'est pas de la forme  $((t + \delta)g, (t + \delta)g - d - \delta)$  avec  $(t + \delta)g \leq d$ ,
- et sinon, muni des actions par correspondances de  $G(\mathbb{A}^{\infty, v}) \times P_{h,d}(F_v) \times \mathbb{Z}$ , il est isomorphe au germe en  $z$  de  $HT_{\overline{1}_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v \{ \delta \frac{g-1}{2} \}) \otimes \text{Speh}_{\delta}(\pi_v \{ -t \frac{g-1}{2} \}))$ .

*Démonstration.* — On raisonne par récurrence sur  $t$  de  $s$  à 1. Pour  $t = s$ , on a  ${}^p j_{\overline{1}_h,!}^{=tg} HT_{\overline{1}_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v)) \simeq {}^p j_{\overline{1}_h,!}^{=tg} HT_{\overline{1}_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v))$  d'où le résultat. Supposons alors le résultat acquis au rang  $t + 1$ .

*Remarque.* De la suite spectrale associée à la filtration par les poids de  $j_{\overline{1}_h,!}^{=tg} HT_{\overline{1}_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v))$  dont les gradués sont donnés par (5.4), les germes des faisceaux de cohomologie de  ${}^p j_{\overline{1}_h,!}^{=tg} HT_{\overline{1}_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v))$  sont de la forme  $HT_{\overline{1}_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v \{ \delta \frac{g-1}{2} \}) \otimes \Pi)$  où  $\Pi$  est une représentation de  $GL_{\delta g}(F_v)$  dont le support cuspidal est un segment de Zelevinski centré sur  $\pi_v \{ -t \frac{g-1}{2} \}$ .

Par équivariance, on supposera que  $z$  est un point de  $X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, 1_{tg+1}}^{\geq tg}$ . D'après (6.1), le germe en  $z$  du  $i$ -ème faisceau de cohomologie de  ${}^p j_{1_h, !}^{-tg} HT_{1_h}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v))$ , muni des actions par correspondances de  $G(\mathbb{A}^{\infty, v}) \times P_{h,d}(F_v) \times \mathbb{Z}$ , est isomorphe à celui du  $(i+1)$ -ème de  $P(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v))$ , lequel d'après (6.3) et la proposition précédente est, muni des actions par correspondances de  $G(\mathbb{A}^{\infty, v}) \times P_{h, h+1, d}(F_v) \times \mathbb{Z}$ , isomorphe à celui du  $(i+1)$ -ème faisceau de cohomologie de  ${}^p j_{1_{tg+1}, !}^{-(t+1)g} HT_{1_{tg+1}}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v \{ \frac{g-1}{2} \})) \otimes (\pi_v)_{|P_{1,g}(F_v)} \{ -t \frac{g-1}{2} \} (\frac{1}{2})$ .

D'après l'hypothèse de récurrence, ce germe est nul si  $(h_0, i+1)$  n'est pas de la forme  $((t+1+\delta-1)g, (t+1+\delta-1)g-d-\delta+1)$  et sinon il est isomorphe, muni des actions par correspondances de  $G(\mathbb{A}^{\infty, v}) \times P_{h, h+1, d}(F_v) \times \mathbb{Z}$ , au germe en  $z$  de  $HT_{1_{(t+\delta)g}}(\pi_v, \Pi) (\frac{1}{2}) \times_{P_{tg, tg+1, (t+\delta)g, d}(F_v)} P_{tg, tg+1, d}(F_v)$  où

$$\Pi := \text{St}_t(\pi_v \{ \delta \frac{g-1}{2} \}) \otimes (\pi_v)_{|P_{1,g}(F_v)} \{ (\delta-1-t) \frac{g-1}{2} \} \otimes \text{Speh}_{\delta-1}(\pi_v \{ -(t+1) \frac{g-1}{2} \}).$$

En prenant  $t=1$  et  $s=\delta-1$  dans le premier isomorphisme du lemme 4.4, on obtient alors

$$(\pi_v)_{|M_g(F_v)} \{ (\delta-1) \frac{g-1}{2} \} \otimes \text{Speh}_{\delta-1}(\pi_v \{ -\frac{g-1}{2} \}) \simeq \text{Speh}_{\delta}(\pi_v)_{|M_{\delta g}(F_v)}$$

de sorte que  $\Pi \simeq \text{St}_t(\pi_v \{ \delta \frac{g-1}{2} \}) \otimes \text{Speh}_{\delta}(\pi_v \{ -t \frac{g-1}{2} \})_{|M_{\delta g}(F_v)}$ . N'ayant qu'une unique dérivée non nulle irréductible,  $\text{Speh}_{\delta}(\pi_v \{ -t \frac{g-1}{2} \})_{|M_{\delta g}(F_v)}$  est irréductible de sorte que le résultat découle de la remarque ci-avant.  $\square$

*Remarque.* Une autre façon d'énoncer le résultat précédent consiste à dire que les flèches de la suite spectrale (5.5) sont « le moins triviales possible ».

**6.6. Corollaire.** — Soit  $h_0 = t_0g \leq h = tg$  avec  $1 \leq t < s$ . On a alors la suite exacte courte

$$\begin{aligned} 0 \rightarrow & {}^p j_{1_{h_0+1}, !}^{-(t+1)g} HT_{1_{h_0+1}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \{ \frac{g-1}{2} \} \otimes \text{St}_{t+1-t_0}(\pi_v \{ -t_0 \frac{g-1}{2} \})_{P_{1, (t+1-t_0)g}(F_v)}) (\frac{1}{2}) \\ & \rightarrow j_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}, !}^{-tg} j_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}, *}^{-tg} ({}^p j_{1_{h_0}, !}^{-tg} HT_{1_{h_0}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{ -t_0 \frac{g-1}{2} \}))) \\ & \rightarrow {}^p j_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}, !}^{-tg} HT_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{ -t_0 \frac{g-1}{2} \})) \rightarrow 0. \end{aligned}$$

*Remarque.* En ce qui concerne les décalages, et notamment où est passé le  $\frac{g-1}{2}$  qui s'applique sur  $\Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{ -t_0 \frac{g-1}{2} \})$ , rappelons, cf. (4.2), que

$$\text{ind}_{P_{(t-t_0)g, (t-t_0+1)g}(F_v)}^{GL_{(t-t_0+1)g}(F_v)} \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{ \frac{g-1}{2} \}) \otimes \pi_v \{ -(t-t_0) \frac{g-1}{2} \} \twoheadrightarrow \text{St}_{t-t_0+1}(\pi_v).$$

*Démonstration.* — Comme

$$\begin{aligned} & {}^p j_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}, !}^{-tg} j_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}, *}^{-tg} ({}^p j_{1_{h_0}, !}^{-tg} HT_{1_{h_0}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{ -t_0 \frac{g-1}{2} \}))) \simeq \\ & {}^p j_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}, !}^{-tg} HT_{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{ -t_0 \frac{g-1}{2} \})), \end{aligned}$$

il s'agit simplement d'identifier

$$i_{\overline{1}_{h_0+1},*}^{tg+1} {}^p\mathcal{H}^{-1} i_{\overline{1}_{h_0+1}}^{tg+1,*} \left( {}^p j_{\overline{1}_{h_0},!*}^{=tg} HT_{\overline{1}_{h_0}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\})) \right) \quad (6.7)$$

avec le premier terme de la suite exacte courte de l'énoncé. La preuve se déroule en deux temps :

- (i) on construit tout d'abord une surjection du faisceau pervers  $P$  de (6.7) vers le faisceau pervers  $A$  de l'énoncé
- (ii) et on vérifie dans un deuxième temps que les faisceaux de cohomologie de ces deux faisceaux pervers possèdent les mêmes germes en tout point géométrique.

Notons alors  $K$  le noyau de cette surjection  $P \twoheadrightarrow A$  et soit pour  $i_z : \{z\} \hookrightarrow X_{\mathcal{I}, \overline{s}_v}$  un point géométrique, le foncteur  $\mathcal{H}_z^*$  qui à un faisceau pervers  $C$  associe, dans le groupe de Grothendieck, la somme alternée  $\sum_{i \in \mathbb{Z}} (-1)^i \mathcal{H}^i i_z^* C$  des germes de ses faisceaux de cohomologie. On a ainsi  $\mathcal{H}_z^*(K) = \mathcal{H}_z^*(P) - \mathcal{H}_z^*(A)$  qui d'après (ii) est nul, ce qui implique que  $K$  est nul puisque l'image d'un faisceau pervers  $C$  dans le groupe de Grothendieck est déterminée par ses  $\mathcal{H}_z^* C$  lorsque  $z$  décrit tous les points géométriques, cf. par exemple la section 7 de [2].

- (i) Pour le premier point notons tout d'abord que d'après (5.4), on a<sup>(4)</sup>

$$j_{\overline{1}_{h_0},!}^{=tg} HT_{\overline{1}_{h_0}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\})) = \sum_{i=t}^s {}^p j_{\overline{1}_{h_0},!*}^{=ig} HT_{\overline{1}_{h_0}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\})) \otimes \left( \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-\frac{i-t}{2}\}) \times \text{St}_{i-t}(\pi_v \{\frac{t-t_0}{2}\}) \right) \{-t_0 \frac{g-1}{2}\} \left( \frac{i-t}{2} \right).$$

En utilisant la filtration par les poids et la surjection

$$\text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-\frac{i-t}{2}\}) \times \text{St}_{i-t}(\pi_v \{\frac{t-t_0}{2}\}) \twoheadrightarrow \text{St}_{i-t_0}(\pi_v),$$

on obtient une surjection

$${}^p\mathcal{H}^{-1} i_{\overline{1}_{h_0}}^{tg+1,*} \left( {}^p j_{\overline{1}_{h_0},!*}^{=tg} HT_{\overline{1}_{h_0}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\})) \right) \twoheadrightarrow {}^p j_{\overline{1}_{h_0},!*}^{=(t+1)g} HT_{\overline{1}_{h_0}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t+1-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\})) \left( \frac{1}{2} \right) \quad (6.7)$$

ce qui, après par application du foncteur  $p i_{\overline{1}_{h_0}, \overline{1}_{h_0+1}}^{h+1 \leq +0,*}$ , fournit la surjection cherchée. En effet pour le membre de droite, on a  $p i_{\overline{1}_{h_0}, \overline{1}_{h_0+1}}^{h+1 \leq +0,*} \circ p j_{\overline{1}_{h_0},!*}^{=(t+1)g} \simeq p j_{\overline{1}_{h_0+1},!*}^{=(t+1)g}$ , alors que pour le membre de gauche, cf. la preuve du lemme 6.2, on a

$$p i_{\overline{1}_{h_0}, \overline{1}_{h_0+1}}^{tg+1 \leq +0,*} \circ {}^p\mathcal{H}^{-1} i_{\overline{1}_{h_0}}^{tg+1,*} \circ p j_{\overline{1}_{h_0},!*}^{=tg} \simeq {}^p\mathcal{H}^{-1} i_{\overline{1}_{h_0+1}}^{tg+1,*} \circ p j_{\overline{1}_{h_0},!*}^{=tg}.$$

- (ii) Les germes des faisceaux de cohomologie de

$$A := {}^p j_{\overline{1}_{h_0+1},!*}^{=(t+1)g} HT_{\overline{1}_{h_0+1}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t+1-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\}))_{P_{1,(t+1-t_0)g}(F_v)} \left( \frac{1}{2} \right)$$

4. cf. la remarque précédente pour calculer les décalages

sont donnés par le corollaire précédent de même que ceux de

$$B := {}^p j_{\overline{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}}, !*}^{-tg} HT_{\overline{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\})).$$

Il s'agit alors de vérifier, qu'à décalage d'un indice près, pour tout point géométrique  $z$  de  $X_{\overline{\mathcal{L}, \overline{s}_v, 1_{h_0+1}}}^{\geq h+1}$ , on obtient la même chose. Pour ce qui concerne les conditions d'annulation, on vérifie aisément qu'elles sont les mêmes. Soit alors  $z$  un point géométrique de  $X_{\overline{\mathcal{L}, \overline{s}_v, 1_{(t+\delta)g}}}^{=(t+\delta)g}$ , d'après le corollaire précédent.

— La fibre en  $z$  du faisceau de cohomologie d'indice  $(t+\delta)g - d - \delta$  de  $B$  se calcule par induction à partir de celle de  ${}^p j_{a, !*}^{-tg} HT_a(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\}))$  où  $a$  est le sous-espace vectoriel de  $F_v^d$  engendré par les vecteurs  $e_1, \dots, e_{h_0}, e_{h_0+2}, \dots, e_{h+1}$  de la base canonique. D'après le corollaire précédent, la fibre en  $z$  de  $\mathcal{H}^{(t+\delta)g-d-\delta} {}^p j_{a, !*}^{-tg} HT_a(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\}))$  est isomorphe à

$$\Pi_{t_0} \left\{ \delta \frac{g-1}{2} \right\} \otimes \left( \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \left\{ \delta \frac{g-1}{2} \right\}) \otimes \left( \text{Speh}_\delta(\pi_v \left\{ -(t-t_0) \frac{g-1}{2} \right\}) \right)_{|P_{1, \delta g}(F_v)} \right) \left\{ -t_0 \frac{g-1}{2} \right\}$$

relativement au Levi

$$\begin{pmatrix} GL_{t_0 g} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & GL_{(t-t_0)g} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & GL_{\delta g-1} \end{pmatrix}$$

de  $GL_{(t+\delta)g}$ . En induisant à  $P_{t_0 g, t_0 g+1, (t+\delta)g}(F_v)$ , on obtient que la fibre en  $z$  de  $\mathcal{H}^{(t+\delta)g-d-\delta} B$  est isomorphe à

$$\Pi_{t_0} \left\{ \delta \frac{g-1}{2} \right\} \otimes \left( \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \left\{ -\frac{\delta}{2} \right\}) \times \left( \text{Speh}_\delta(\pi_v \left\{ \frac{t-t_0}{2} \right\}) \right)_{|P_{1, \delta g}(F_v)} \right) \left\{ -t_0 \frac{g-1}{2} \right\}$$

et donc d'après le deuxième isomorphisme du lemme 4.4, à

$$\Pi_{t_0} \left\{ \delta \frac{g-1}{2} \right\} \otimes LT_{\pi_v}(t-t_0, \delta-1)_{|P_{1, (t-t_0+\delta)g}(F_v)} \left\{ -t_0 \frac{g-1}{2} \right\}.$$

— La fibre en  $z$  de  $\mathcal{H}^{(t+1+\delta-1)g-d-\delta+1} A$  est d'après le corollaire précédent isomorphe à  $\Pi_{t_0} \left\{ \delta \frac{g-1}{2} \right\} \otimes \left( \left( \text{St}_{t-t_0+1}(\pi_v \left\{ -\frac{\delta-1}{2} \right\}) \right)_{P_{1, (t+1-t_0)g}(F_v)} \times \text{Speh}_{\delta-1}(\pi_v \left\{ \frac{t-t_0+1}{2} \right\}) \right) \left\{ -t_0 \frac{g-1}{2} \right\}$

lequel d'après le premier isomorphisme du lemme 4.4 est isomorphe à

$$\Pi_{t_0} \left\{ \delta \frac{g-1}{2} \right\} \otimes LT_{\pi_v}(t-t_0, \delta-1)_{|P_{1, (t-t_0+\delta)g}(F_v)} \left\{ -t_0 \frac{g-1}{2} \right\}.$$

Ainsi puisque la fibre en  $z$  de  $\mathcal{H}^i B$  est isomorphe à celle de

$$\mathcal{H}^{i+1} \left( {}^p \mathcal{H}^{-1} i_{\overline{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}}, !*}^{-tg+1} \left( {}^p j_{\overline{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}}, !*}^{-tg} HT_{\overline{1_{h_0} \setminus 1_{h_0+1}}}(\pi_v, \Pi_{t_0} \otimes \text{St}_{t-t_0}(\pi_v \{-t_0 \frac{g-1}{2}\})) \right) \right),$$

on en déduit donc que le noyau de la surjection (6.7) est un faisceau pervers dont les fibres en  $z$  de ses faisceaux de cohomologie sont nulles. Par symétrie, le résultat est valable pour



tout point géométrique de  $X_{\mathcal{L}, \bar{s}_v, \bar{1}_{h_0+1}}^{\geq h+1}$  de sorte que ce noyau est nul, et la surjection (6.7) est en fait un isomorphisme, d'où le résultat.  $\square$

*Démonstration.* — de la proposition 6.4. On raisonne par récurrence sur  $t$  de  $s$  à 1. Le cas  $t = s$  étant trivial puisque  $P(\pi_v, \Pi_s)$  est nul, on suppose le résultat acquis jusqu'au rang  $t + 1$ . Partons de l'égalité de [2] 4.5.1 rappelée plus haut en (5.4) :

$$P(\pi_v, \Pi_t) = \sum_{i=t+1}^s p j_{\bar{1}_h, !*}^{=ig} HT_{\bar{1}_h} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ (i-t) \frac{g-1}{2} \right\} \otimes \text{St}_{i-t}(\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) \left( \frac{i-t}{2} \right). \quad (6.8)$$

On peut alors appliquer, en utilisant l'hypothèse de récurrence pour  $i \geq t + 1$ , le corollaire précédent et calculer, en utilisant l'exactitude du foncteur  $j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg} / j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg,*}$ , l'image, dans le groupe de Grothendieck des faisceaux pervers munis d'une action par correspondances de  $G(\mathbb{A}^{\infty, v}) \times P_{h, h+1, d}(F_v) \times \mathbb{Z}$ , de  $P(\pi_v, \Pi_t)$  par ce foncteur, soit en notant que pour tout  $i \geq t$ , on a trivialement  $(j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg} / j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg,*}) \circ p j_{\bar{1}_h, !*}^{=ig} = (j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=ig} / j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=ig,*}) \circ p j_{\bar{1}_h, !*}^{=ig}$

$$\begin{aligned} j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg} / j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg,*} P(\pi_v, \Pi_t) &= \sum_{i=t+1}^{s-1} \\ & p j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !*}^{=ig} HT_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ (i-t) \frac{g-1}{2} \right\} \otimes \text{St}_{i-t}(\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) |_{P_{1, (i-t)g}(F_v)} \left( \frac{i-t}{2} \right) + \\ & p j_{\bar{1}_{h+1}, !*}^{=(i+1)g} HT_{\bar{1}_{h+1}} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ (i+1-t) \frac{g-1}{2} \right\} \otimes \text{St}_{i+1-t}(\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) |_{P_{1, (i-t+1)g}(F_v)} \left( \frac{i+1-t}{2} \right). \end{aligned}$$

En regroupant les termes dans l'équation précédente, on obtient alors

$$\begin{aligned} j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg} / j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !}^{=tg,*} P(\pi_v, \Pi_t) &= p j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !*}^{=(t+1)g} HT_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ \frac{g-1}{2} \right\} \otimes (\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) |_{P_{1, g}(F_v)} \left( \frac{1}{2} \right) + \\ & \sum_{i=t+2}^s p j_{\bar{1}_h, !*}^{=ig} HT_{\bar{1}_h} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ (i-t) \frac{g-1}{2} \right\} \otimes \text{St}_{i-t}(\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) |_{P_{1, (i-t)g}(F_v)} \left( \frac{i-t}{2} \right). \end{aligned}$$

Ainsi en soustrayant à l'égalité (6.8) l'égalité ci-avant, on obtient d'après (6.3), que l'image de  $i_{\bar{1}_{h+1}, *}^{h+1} / p i_{\bar{1}_{h+1}, *}^{h+1,*} P(\pi_v, \Pi_t)$  dans le groupe de Grothendieck des faisceaux pervers munis d'une action par correspondances de  $G(\mathbb{A}^{\infty, v}) \times P_{h, h+1, d}(F_v) \times \mathbb{Z}$ , est égale à

$$\begin{aligned} & p j_{\bar{1}_h, !*}^{=(t+1)g} HT_{\bar{1}_h} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ \frac{g-1}{2} \right\} \otimes (\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) |_{P_{1, g}(F_v)} \left( \frac{1}{2} \right) \\ & - p j_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}, !*}^{=(t+1)g} HT_{\bar{1}_h \setminus \bar{1}_{h+1}} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ \frac{g-1}{2} \right\} \otimes (\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) |_{P_{1, g}(F_v)} \left( \frac{1}{2} \right) \\ & = p j_{\bar{1}_{h+1}, !*}^{=(t+1)g} HT_{\bar{1}_h} \left( \pi_v, \Pi_t \left\{ \frac{g-1}{2} \right\} \otimes (\pi_v \left\{ -t \frac{g-1}{2} \right\}) \right) |_{P_{1, g}(F_v)} \left( \frac{1}{2} \right). \end{aligned}$$

On a alors le diagramme suivant

$$\begin{array}{ccc}
P(\pi_v, \Pi_t) & \longrightarrow & i_{1_{h+1},*}^{h+1} p_{1_{h+1}}^{h+1,*} P(\pi_v, \Pi_t) \\
\parallel & \dashrightarrow 0 & \simeq \uparrow \\
K \hookrightarrow \tilde{P}(\pi_v, \Pi_t) & \longrightarrow & p_{1_{t+1},*}^{j=(t+1)g} HT_{1_{t+1}}(\pi_v, \Pi_t \{ \frac{g-1}{2} \} \otimes (\pi_v)_{|P_{1,g}(F_v)} \{ -t \frac{g-1}{2} \}) (\frac{1}{2})
\end{array}$$

où la flèche composée  $K \longrightarrow i_{1_{h+1},*}^{h+1} p_{1_{h+1}}^{h+1,*} P(\pi_v, \Pi_t)$  est nécessairement nulle. En effet

- d'un côté l'image d'un faisceau pervers dans le groupe de Grothendieck des faisceaux pervers, est uniquement déterminée par les fibres de la somme alternée de ses faisceaux de cohomologie, de sorte que les constituants simples de  $i_{1_{h+1},*}^{h+1} p_{1_{h+1}}^{h+1,*} P(\pi_v, \Pi_t)$  sont des extensions intermédiaires de systèmes locaux sur  $X_{\mathcal{I}, \bar{s}_v, 1_{t+1}}^{=(t+1)g}$ ,
- de l'autre les facteurs simples de  $K$  sont à support soit dans  $X_{\mathcal{I}, \bar{s}_v}^{\geq h+2}$  soit des extensions intermédiaires de systèmes locaux sur  $X_{\mathcal{I}, \bar{s}_v, 1_{t+1}}^{=(t+1)g}$ .

Enfin on récupère l'action complète de  $P_{t+1,d}(F_v)$  en utilisant comme précédemment la remarque de la preuve du corollaire 6.5.  $\square$

## 7. Faisceaux de cohomologie du complexe des cycles évanescents

En ce qui concerne les fibres des faisceaux de cohomologie de  $\Psi_{\mathcal{I}}$ , on peut mener le même raisonnement. Rappelons qu'en notant

$$\bar{j} : X_{\mathcal{I}, \bar{\eta}_v} \hookrightarrow X_{\mathcal{I}} \hookleftarrow X_{\mathcal{I}, \bar{s}_v} : i,$$

où  $\bar{j}_! = p_{\bar{j}_!}^*$  et  $\bar{j}_* = p_{\bar{j}_*}^*$ , le complexe des cycles évanescents est  ${}^p\mathcal{H}^{-1} i^* \bar{j}_* \bar{\mathbb{Q}}_{\mathcal{I}}$ . Ainsi en utilisant que l'inclusion

$$\bar{j}_{\neq \bar{1}_1}^{\geq 1} : X_{\mathcal{I}, \bar{\eta}} - X_{\mathcal{I}, \bar{s}_v, \bar{1}_1}^{\geq 1} \hookrightarrow X_{\mathcal{I}, \bar{\eta}}$$

est affine, exactement les mêmes arguments que ceux du lemme 6.2 montrent que  $i_{\bar{1}_1}^{1,*} \Psi_{\mathcal{I}}$  est pervers, ce qui donne la suite exacte courte

$$0 \rightarrow j_{\neq \bar{1}_1}^{\geq 1} j_{\neq \bar{1}_1}^{\geq 1,*} \Psi_{\mathcal{I}} \longrightarrow \Psi_{\mathcal{I}} \longrightarrow i_{\bar{1}_1}^1 {}^p\mathcal{H}^0 i_{\bar{1}_1}^{1,*} \Psi_{\mathcal{I}} \rightarrow 0. \quad (7.1)$$

D'après [2], l'image de  $\Psi_{\mathcal{I}}$  dans le groupe de Grothendieck est déterminée via la formule des traces. Afin d'exprimer le résultat, il est tout d'abord plus simple de décomposer  $\Psi_{\mathcal{I}}$  comme dans [2] sous la forme

$$\Psi_{\mathcal{I}} \simeq \bigoplus_{\pi_v} \Psi_{\mathcal{I}, \pi_v}$$

où  $\pi_v$  décrit les classes d'équivalence inertielle des représentations irréductibles cuspidales de  $GL_g(F_v)$  pour  $1 \leq g \leq d$ . En posant  $s = \lfloor \frac{d}{g} \rfloor$ , dans le groupe de Grothendieck adéquat,

on a alors, cf. [2] proposition 4.1.4 ou corollaire 5.4.2

$$\Psi_{\mathcal{I}, \pi_v} = \sum_{k=1-s}^{s-1} \sum_{\substack{|k| < t \leq s \\ t \equiv k-1 \pmod{2}}} \mathcal{P}(t, \pi_v) \left(-\frac{k}{2}\right). \quad (7.2)$$

**7.3. Proposition.** — (cf. aussi la proposition B.3.4 de [4])  
Avec les notations précédentes, on a

$$i_{\overline{1},*}^1 {}^p \mathcal{H}^0 i_{\overline{1}}^{1,*} \Psi_{\mathcal{I}, \pi_v} = \sum_{k=1}^s {}^p j_{\overline{1},!*}^{-kg} HT_{\overline{1}}^{-}(\pi_v, \text{St}_k(\pi_v)|_{P_{1,kg}(F_v)}) \left(\frac{1-k}{2}\right).$$

*Démonstration.* — Les arguments sont similaires à ceux de la proposition 6.4 en utilisant le corollaire 6.6 avec  $h_0 + 1 = 1$  en convenant que

$$X_{\mathcal{I}, \overline{s}_v, \overline{1}_0}^0 := X_{\mathcal{I}, \overline{\eta}_v}.$$

On applique ainsi le foncteur  $j_{\neq \overline{1},!*}^{\geq 1} j_{\neq \overline{1}}^{\geq 1,*}$  à l'égalité (7.2), ce qui donne d'après le corollaire 6.6

$$\begin{aligned} j_{\neq \overline{1},!*}^{\geq 1} j_{\neq \overline{1}}^{\geq 1,*} \Psi_{\mathcal{I}, \pi_v} &= \sum_{k=1-s}^{s-1} \sum_{\substack{|k| < t < s \\ t \equiv k-1 \pmod{2}}} \left( {}^p j_{\neq \overline{1},!*}^{=tg} HT_{\neq \overline{1}}^{-}(\pi_v, \text{St}_t(\pi_v)|_{P_{1,tg}(F_v)}) \otimes \mathbb{L}(\pi_v) \left(-\frac{k}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. + {}^p j_{\overline{1},!*}^{=(t+1)g} HT_{\overline{1}}^{-}(\pi_v, \text{St}_{t+1}(\pi_v)|_{P_{1,(t+1)g}(F_v)}) \otimes \mathbb{L}(\pi_v) \left(-\frac{k-1}{2}\right) \right) \\ &\quad + \sum_{\substack{k \equiv s-1 \pmod{2} \\ |k| \leq s-1}} \mathcal{P}(s, \pi_v) \left(-\frac{k}{2}\right) \end{aligned}$$

On soustrait alors cette égalité à (7.2), ce qui d'après la suite exacte courte (7.1) fournit le résultat.  $\square$

**7.4. Corollaire.** — Soient  $\pi_v$  une représentation irréductible cuspidale de  $GL_g(F_v)$  et  $z$  un point géométrique de  $X_{\mathcal{I}, \overline{s}_v}^d$ . La fibre en  $z$  de  $\mathcal{H}^i \Psi_{\mathcal{I}, \pi_v}$  vérifie alors les points suivant :

- elle est nulle si  $g$  ne divise pas  $d$  ;
- si  $d = sg$ , elle est nulle si  $i > 0$  ou si  $i \leq -s$  ;
- pour  $d = sg$  et  $1 - s \leq i \leq 0$ , elle est isomorphe à la fibre en  $z$  de  $HT(\pi_v, LT_{\pi_v}(s - 1 + i, -i)) \otimes \mathbb{L}(\pi_v) \left(\frac{i}{2}\right)$ .

*Remarque.* Le corollaire ci-dessus correspond au résultat principal de [2], cf. le corollaire 2.2.10 de loc. cit. En utilisant le théorème de comparaison de Berkovich, on en déduit le calcul des groupes de cohomologie des espaces de Lubin-Tate, cf. le théorème 2.3.5 de [2].

*Démonstration.* — En utilisant la suite exacte courte (7.1), le germe cherché est celui de  $i_{\overline{1},*}^1 {}^p \mathcal{H}^0 i_{\overline{1}}^{1,*} \Psi_{\mathcal{I}, \pi_v}$ . Considérons alors la filtration par les poids de ce dernier faisceau pervers

$$0 = \text{Fil}^0(\Psi_{\mathcal{I}, \pi_v}) \subset \text{Fil}^1(\Psi_{\mathcal{I}, \pi_v}) \subset \dots \subset \text{Fil}^s(\Psi_{\mathcal{I}, \pi_v}),$$

dont les gradués sont

$$\mathrm{gr}^k(\Psi_{\mathcal{I},\pi_v}) := \mathrm{Fil}^k(\Psi_{\mathcal{I},\pi_v}) / \mathrm{Fil}^{k-1}(\Psi_{\mathcal{I},\pi_v}) \simeq {}^p j_{\overline{1},!}^{-kg} HT_{\overline{1}}(\pi_v, \mathrm{St}_k(\pi_v)|_{P_{1,kg}(F_v)}) \left( \frac{1-k}{2} \right),$$

pour  $k = 1, \dots, s$ . On considère alors la suite spectrale calculant les faisceaux de cohomologie de  $\Psi_{\mathcal{I},\pi_v}$  à partir de ceux de ses gradués, i.e.

$$E_1^{i,j} = \mathcal{H}^{i+j} \left( {}^p j_{\overline{1},!}^{-ig} HT_{\overline{1}}(\pi_v, \mathrm{St}_{-i}(\pi_v)|_{P_{1,-ig}(F_v)}) \left( \frac{1+i}{2} \right) \right) \Rightarrow \mathcal{H}^{i+j} \Psi_{\mathcal{I},\pi_v}.$$

D'après le corollaire 6.5, la fibre en  $z$  des  $E_1^{i,j}$  vérifie alors les propriétés suivantes :

- tous les  $(E_1^{i,j})_z$  sont nuls si  $i \geq 0$  ou si  $i < -s$ ;
- tous les  $(E_1^{i,j})_z$  sont nuls si  $g$  ne divise pas  $d$ ;
- pour  $d = sg$ , les  $(E_1^{i,j})_z$  sont nuls si  $i + j > 0$  ou si  $i + j \leq -s$ .
- Pour  $d = sg$  et  $1 - s \leq i + j \leq 0$ , les  $(E_1^{i,j})_z$  sont nuls sauf pour  $-i = s + i + j$ , i.e.  $j = -s - 2i$  auquel cas cette fibre est isomorphe à la fibre en  $z$  de  $HT(\pi_v, LT_{\pi_v}(s - 1 + i + j, -i_j)) \otimes \mathbb{L}(\pi_v)^{\binom{i+j}{2}}$ .

Ainsi les couples  $(i, j)$  tels que  $(E_1^{i,j})_z$  est non nul sont les  $(-s + \delta, s - 2\delta)$  pour  $\delta = 0, 1, \dots, s - 1$ . On remarque alors que toutes les flèches  $d_r^{i,j}$  de cette suite spectrale sont nécessairement nuls puisque, par une récurrence immédiate sur  $r$ , soit son espace de départ  $E_r^{i,j}$  soit son espace d'arrivée  $E_r^{i+r,j+r-1}$  est nul. Ainsi donc on a  $(E_\infty^{i,j})_z \simeq (E_1^{i,j})_z$  et le résultat découle des tirets précédents.  $\square$

## Références

- [1] I.N. Bernstein and A.V. Zelevinsky. Induced representations of reductive  $p$ -adic groups. I. 1977.
- [2] P. Boyer. Monodromie du faisceau pervers des cycles évanescents de quelques variétés de Shimura simples. *Invent. Math.*, 177(2) :239–280, 2009.
- [3] P. Boyer. Cohomologie des systèmes locaux de Harris-Taylor et applications. *Compositio*, 146(2) :367–403, 2010.
- [4] P. Boyer. La cohomologie des espaces de Lubin-Tate est libre. *arXiv :1309.1946*, 2018.
- [5] 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.
- [6] M.-F. Vignéras. *Représentations  $l$ -modulaires d'un groupe réductif  $p$ -adique avec  $l \neq p$* , volume 137 of *Progress in Mathematics*. Birkhäuser Boston Inc., Boston, MA, 1996.
- [7] A. V. Zelevinsky. Induced representations of reductive  $p$ -adic groups. II. On irreducible representations of  $\mathrm{GL}(n)$ . *Ann. Sci. École Norm. Sup. (4)*, 13(2) :165–210, 1980.