

L'impact des erreurs sur les redshifts sur la fonction de corrélation des galaxies

Maxime MUNARI

Université Grenoble-Alpes

Maître de stage : Sylvain de la Torre
Laboratoire d'Astrophysique de Marseille

1. Introduction

La cartographie tri-dimensionnelle des galaxies peuplant l'Univers s'effectue à l'aide de spectrographes. Ces outils mesurent le spectre des objets célestes et permettent de déterminer leur décalage spectral vers le rouge ou "redshift", du à l'expansion de l'Univers, et ainsi leur distance par rapport à nous. Ces mesures sont entachées de différentes erreurs qu'il est important d'identifier et de corriger afin de pouvoir les exploiter.

2. Contexte

Le projet européen Euclid a pour mission de cartographier une portion du ciel de 15000deg^2 en trois dimensions. Pour cela, le LAM a mis au point un spectrographe sans fente NISP offrant un très grand champ d'observation mais une résolution faible.

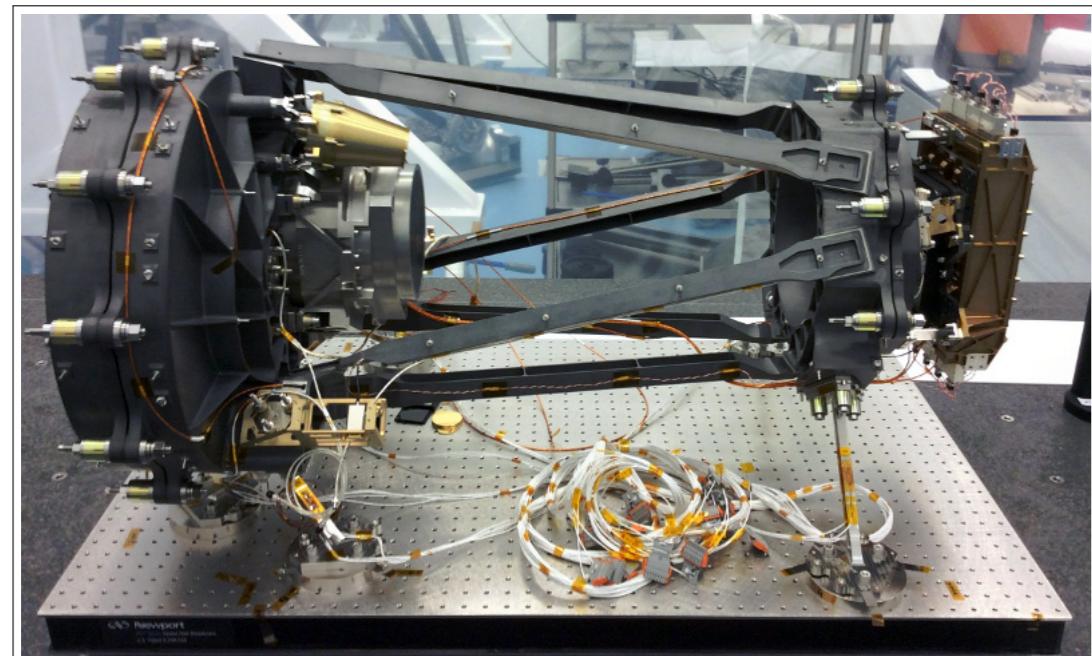


Figure 1: Image du spectrographe sans fente NISP assemblé au LAM et qui équipera Euclid.

Les mesures obtenues par NISP vont permettre de déterminer, pour plus de 35 millions de galaxies, leur redshift pour des valeurs comprises entre 0.9 et 1.8.

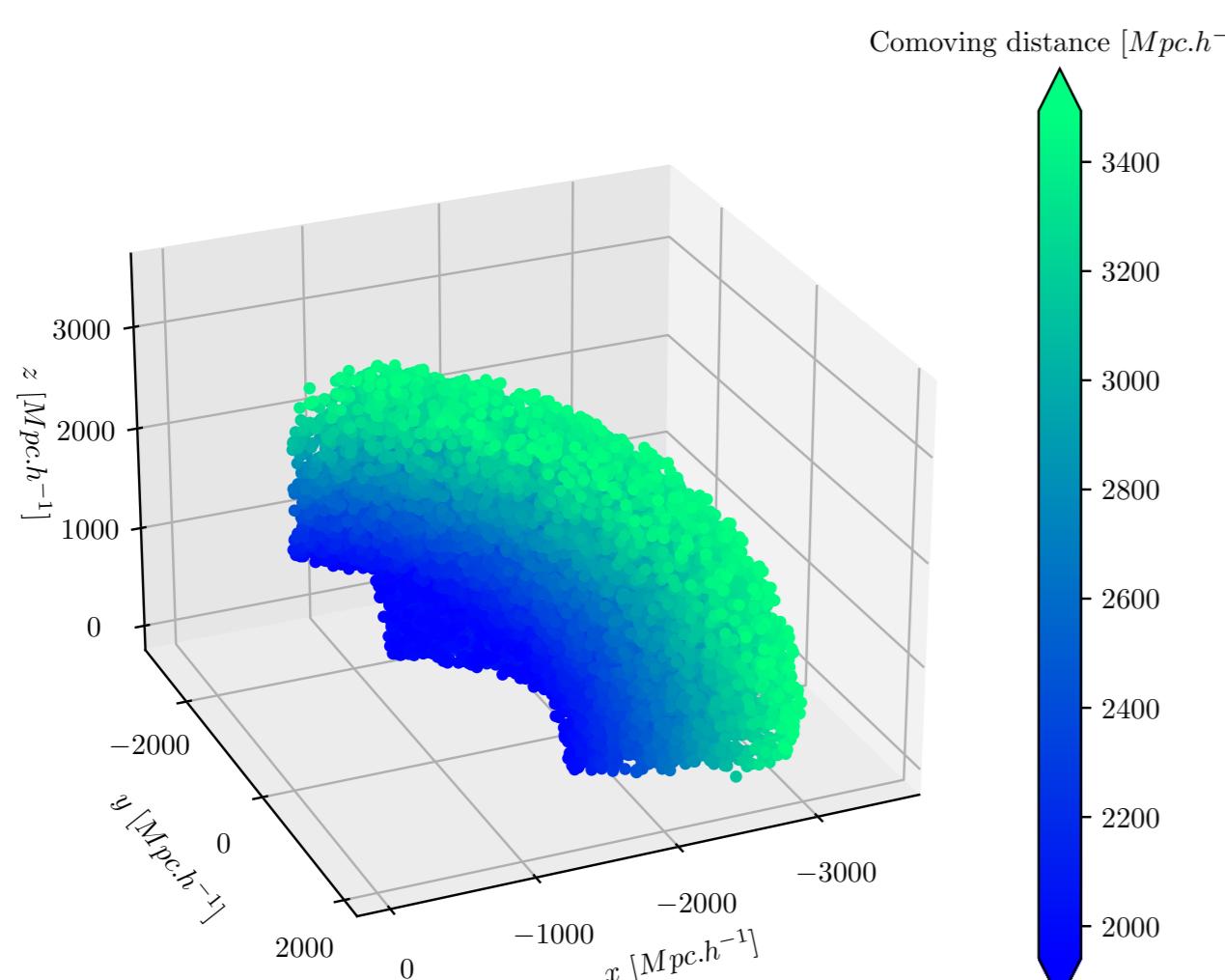


Figure 2: Visualisation du catalogue de données simulées de ce qu'Euclid devrait observer où chaque point représente une galaxie. Les données couvrent une zone telle que $\alpha \in [0, 180]$, $\delta \in [0, 90]$ et $z \in [0.8, 1.8]$.

3. Méthode

Fonction de corrélation à deux points :

Pour mesurer l'excès de probabilité de trouver une paire de galaxies à une distance r par rapport à une distribution poissonnienne on utilise un estimateur basé sur le comptage de paires de galaxies dans des échantillons observé et randomisé. Un exemple est l'estimateur de Landy & Szalay :

$$\xi_{LS}(r) = \frac{DD(r) - 2DR(r) + RR(r)}{RR(r)}$$

où DD , DR et RR sont les nombres de paires situées à une distance r , dans l'hypothèse d'une distribution isotrope.

Mais toute l'information sur l'anisotropie des galaxies est

contenue dans $\xi(s, \mu)$ où s est la norme du vecteur séparation et $\mu = \cos(\theta)$ l'angle entre deux objets. Les moments multipolaires permettent de condenser l'information anisotrope due aux vitesses particulières des galaxies, elles-mêmes liées à la croissance des structures.

Les moments multipolaires de $\xi(s, \mu)$ sont donnés par :

$$\xi_l(s) = \frac{2l+1}{2} \int_{-1}^1 \xi_{LS}(s, \mu) \mathcal{L}_l(\mu) d\mu$$

où \mathcal{L}_l les polynômes de Legendre.

Méthode de la transformée inverse :

Il est nécessaire d'avoir un catalogue randomisé d'objets suivant la même distribution que nos données observées (R).

Pour créer ce catalogue, j'ai utilisé la méthode de la transformée inverse qui consiste à générer des positions pseudo-aléatoires suivant une distribution donnée. Soit une pdf représentant la distribution cible, on calcule la distribution cumulative cdf associée telle que

$$cdf(x) = \int_{-\infty}^x pdf(x) dx$$

Son inverse, $cdf^{-1}(y)$ permet ainsi d'obtenir une distribution identique à celle ciblée lorsque l'on tire uniformément y dans $[0, 1]$.

Générer les erreurs :

Je me suis intéressé à deux types d'erreurs sur les redshifts, lorsque l'on compare des spectres théoriques à ceux obtenus avec le spectrographe afin de déterminer le redshift :

- Une erreur Gaussienne due à la difficulté de faire correspondre le centre des raies. On ajoute donc à la distribution une erreur selon une loi normale telle que $\sigma \in \{0.003, 0.01\}$.
- Erreur systématique liée à la confusion entre les raies $H\alpha$ et [OIII] dans les spectres. Pour 10% des objets, on ajoute un décalage de $\Delta z = 0.0228$.

4. Résultats

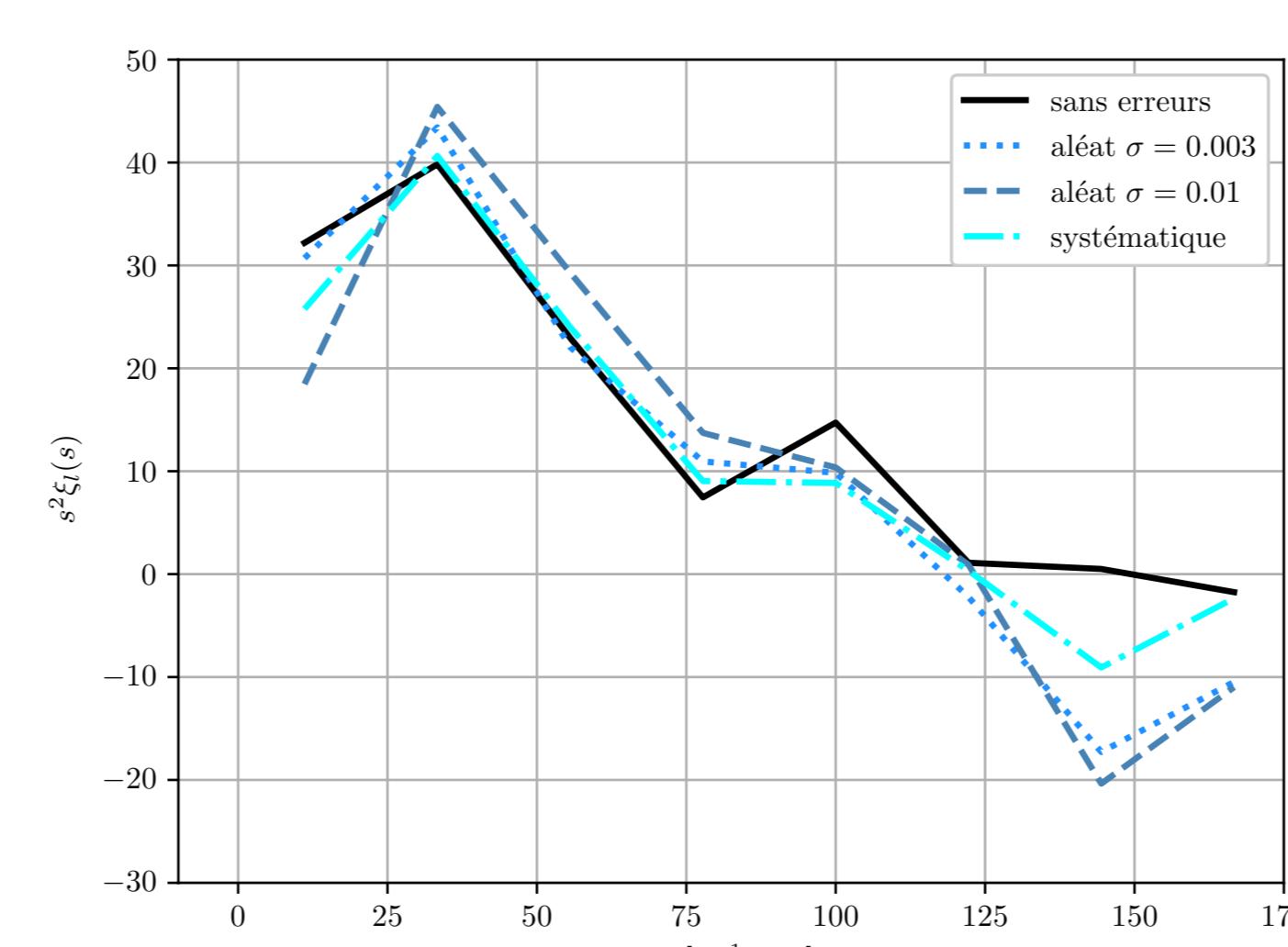


Figure 3: Les différents monopoles de la fonction de corrélation selon le type d'erreur introduite dans les données

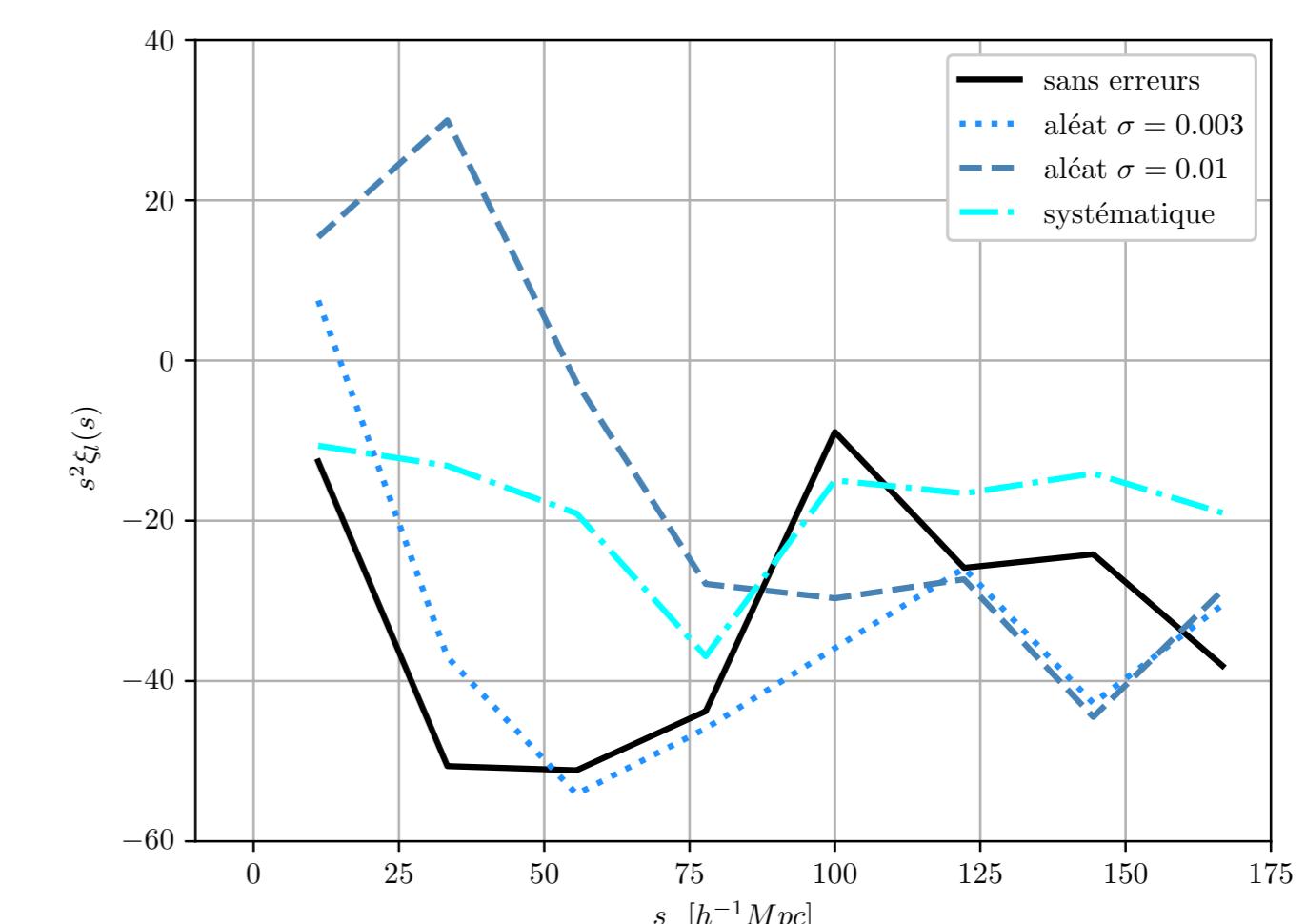


Figure 4: Les différents quadrupoles de la fonction de corrélation selon le type d'erreur introduite dans les données

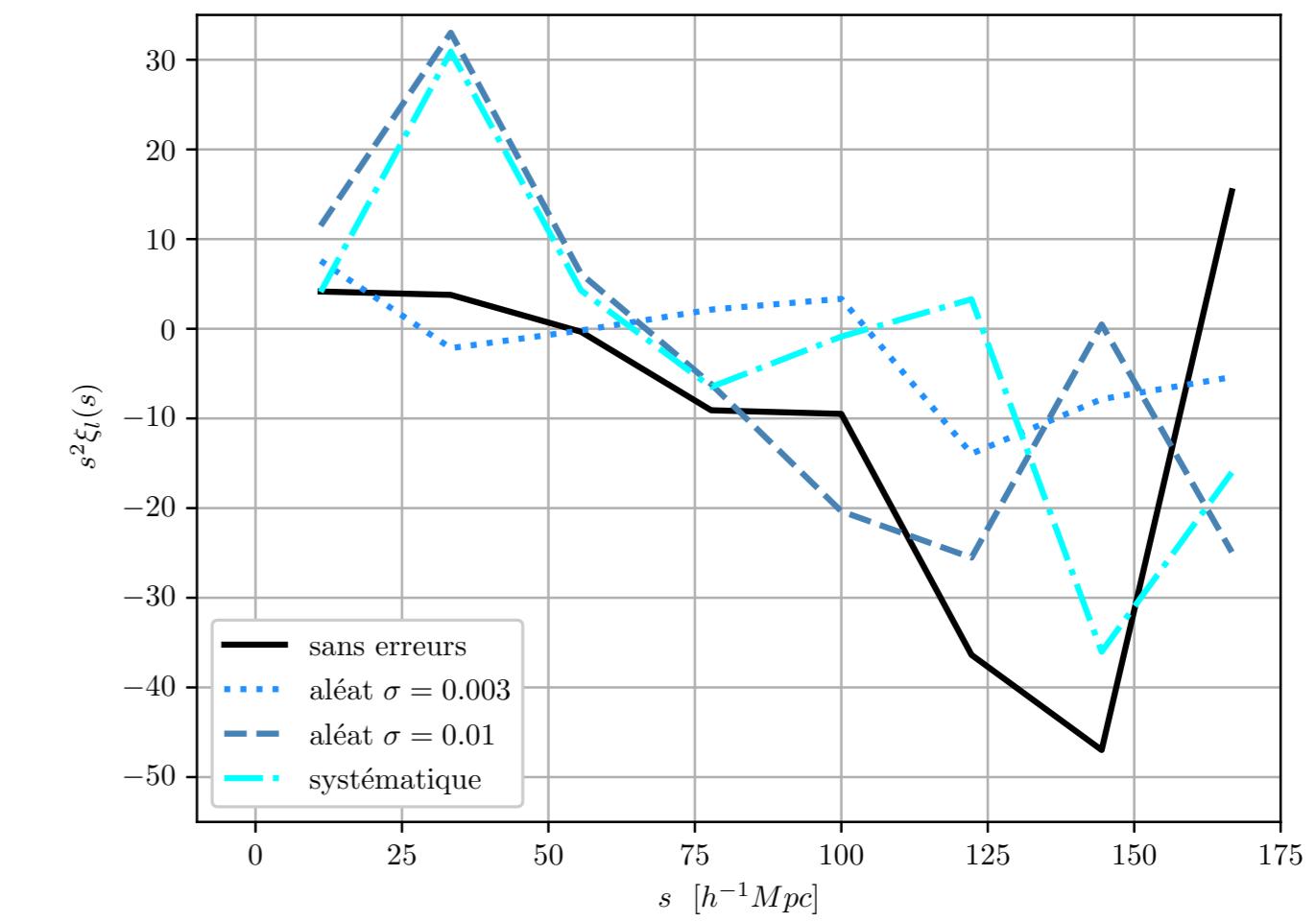


Figure 5: Les différents hexadecapoles de la fonction de corrélation selon le type d'erreur introduite dans les données

5. Analyse

Les erreurs gaussiennes ont un impact car elle surestime l'amplitude du monopole (figure 3) à petite échelle et les sous-estimes à grande échelle. Les erreurs peuvent être critiques à $100Mpc$ car elles peuvent décaler le pic du BAO qui est caractéristique et utilisé pour déterminer les paramètres cosmologiques. Sur la fig 4 on voit que les erreurs affectent grandement l'amplitude de $\xi_l(s, \mu)$ qui caractérise les vitesses particulières des objets due à l'expansion de l'Univers. Pour finir, la fig 5 est inexploitable car entachée de trop d'incertitudes.

6. Perspectives

Nous avons vu deux types d'erreurs inhérentes aux mesures des distances par spectroscopie, il reste un type d'erreur que nous n'avons pas traité. De plus, nous avons identifié ces erreurs et quantifié leur impact sur l'analyse des données mais il nous reste à voir comment les corriger. Le but de ces analyses et plus largement du projet Euclid est d'améliorer notre connaissance de l'univers en construisant un catalogue des grandes structures et d'affiner la valeur des paramètres cosmologiques ($\Omega_k, \Omega_m, \Omega_l$).

References

- [1] S. de la Torre. *Évolution et modélisation de l'agrégation des galaxies en fonction de leurs propriétés physiques*. Thesis, 2008.
[2] S. de la Torre. *The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS)*. *Astronomy Astrophysics*, 2013.