

Application d'HyperGal à la Data Release 2 de ZTF

Sommaire

| | | |
|-------|--|-----------|
| 9.1 | Présentation de la DR2 de ZTF | 2 |
| 9.2 | Statistiques sur les supernovae de type Ia | 3 |
| 9.2.1 | Classification spectrale | 3 |
| 9.2.2 | <i>Golden sample</i> | 4 |
| 9.2.3 | Redshift et profondeur | 5 |
| 9.2.4 | Courbes de lumière | 9 |
| 9.3 | Conclusion | 15 |

L'amélioration apportée par la modélisation hyperspectrale de la galaxie hôte avec **HYPERGAL** a convaincu la collaboration de son utilisation en surcouche du pipeline **PYSEDm**. Finalement, il a été convenu que toutes les SNe observées par la SEDm appartenant à la Data Release 2 du groupe *Type Ia Supernovae & Cosmology* soient ré-extraites par **HYPERGAL**.

Dans ce chapitre nous présentons cette seconde Data Release (DR2 par la suite) et la part apportée par **HYPERGAL** dans ce nouvel échantillon de supernovae. Nous commencerons par apporter une vue d'ensemble de la DR2, puis nous présenterons quelques statistiques faites sur les SNeIa. Enfin nous discuterons des possibilités sur la dérivation de paramètres cosmologiques.

9.1 Présentation de la DR2 de ZTF

La DR2 de ZTF est le premier jeu de données homogène constitué de plusieurs milliers de supernovae de type Ia, chacune d’entre elles ayant été classifiées spectralement, et possédant un redshift spectroscopique, soit par leur galaxie hôte, soit par leur caractéristiques spectrales.

Cette seconde data release consistera en une série d’articles qui paraîtront courant 2022. Nous nous concentrons ici sur une présentation générale des données qui seront utilisées pour ces papiers, en mettant en évidence le rôle d’HYPERGAL et de la SEDm.

Comme abordé dans le chapitre ?? de ce manuscrit dédié à la présentation de ZTF, la DR2 est basée sur la première phase d’observation, s’étalant de Mars 2018 à Décembre 2020.

Durant cette période, ZTF a pris 480,572 images, dont 89% (431,202) ne présentant aucun avertissement de mauvaise qualité. La Table 9.1 présente quelques statistiques médianes de ces expositions en distinguant les trois filtres de la caméra. Parmi ces images ayant franchies les critères de qualité, 57% sont obtenues avec le filtre ZTF_r , 38% avec ZTF_g et 5% avec ZTF_i .

TABLE 9.1 – Statistiques médianes effectuées à partir des 431k expositions prises par ZTF durant sa phase 1.

| Filtre | Nombre d’ Exposition | Seeing [arcsec] | Masse d’ Air | Magnitude Limite $[5\sigma]$ | Cadence |
|--------|-------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------|---------|
| ztf :g | 165k | 2.2 | 1.7 | 20.56 | 2.05 |
| ztf :r | 247k | 2.0 | 1.2 | 20.39 | 1.02 |
| ztf :i | 19k | 1.8 | 1.1 | 20.03 | 5.03 |
| All | 431k | 2.1 | 1.2 | 20.42 | 2.96 |

Note. Seules les images ne présentant aucun avertissement de mauvaise qualité sont considérées.

Nous montrons également dans la Figure 9.1 le nombre total d’exposition et la cadence moyenne pour chaque filtre. En excluant la zone de la Voie Lactée, nous pouvons distinguer une partie du ciel dite "haute cadence", vers (RA=30deg, Dec=230deg), représentant $\sim 1800\text{deg}^2$. La limite du ciel Nord observable est également facilement discernable. Le champ de vue avec "haute cadence" sont conçus par le relevé dans le but d’avoir des expositions multiples de la même nuit, principalement dans les filtres r , et g , dans le but de détecter les supernovae dans les premières heures d’explosion (Bruch et al. 2021 ; Deckers et al. 2022), ou des événements transitoires très brefs.

Hormis ces cas particuliers, la cadence typique est de 2 à 3 jours dans les bandes r et g , en accord avec ce qui est convenu dans le programme public Mid-scale Innovations Program (MSIP). La cadence dans la bande i est de 5 jours. Cette consistance dans les expositions de chacune des 3 bandes permet d’une part de bien échantillonner les courbes de lumière des SNeIa, et d’autre part de ne rater aucune ou très peu de SNeIa que nous offre la nature. La seule limite de complétude de l’échantillon est donc la profondeur en magnitude des instruments. Nous discutons de cette limite de complétude dans la section suivante.

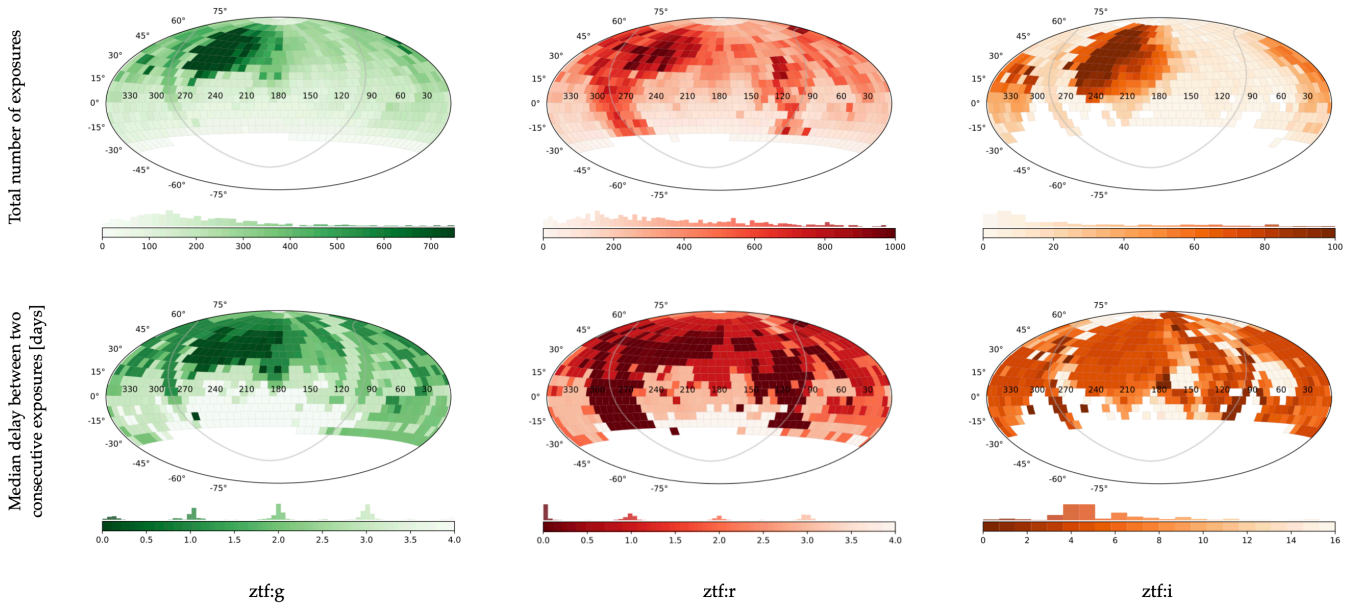


FIGURE 9.1 – Statistiques de la couverture du ciel de la phase 1 de ZTF, pour chaque bande et chaque champ. Seules les images remplissant les seuils de qualité (431, 202) sont considérées. La bande grise sur chaque image représente la Voie Lactée ($b = 0$). *En haut* nous montrons le nombre total d’exposition par champ et par filtre. *En bas* est présenté le délai médian entre deux expositions successives. Figure de M.Rigault.

9.2 Statistiques sur les supernovae de type Ia

9.2.1 Classification spectrale

Seules les SNeIa ayant été classifiées spectralement sont considérées dans la DR2. Nous montrons dans la Figure 9.2 la distribution de tous les spectres appartenant à la DR2, répartis par l’instrument de classification, et la quantité de SNeIa individuelles. La DR2 complète, sans restriction de qualité sur les courbes de lumières, est composé de 3742 supernovae de type Ia, pour lesquelles 5763 spectres ont été extraits et utilisés pour la classification. Environ 61.7% des spectres ont été obtenus avec la SEDm, et donc extraits par **HYPERGAL**, ainsi qu’une proportion similaire (61.5%) de SNIa unique.

Le reste des spectres proviennent d’autres relevés possédant un spectrographe de plus haute résolution que la SEDm, et utilisés occasionnellement par l’équipe du groupe *Bright Transient Survey* (BTS) ou via des requêtes de membres de la collaboration ZTF. D’autres spectres sont également rendus publique par certains programmes, comme par exemple ePESSTO utilisant le *New Technology Telescope* (NTT) ([SMARTT et al., 2015](#)).

Près de 80% de ces SNeIa font partie de l’échantillon BTS. Leur relevé est conçu pour fournir un échantillon de supernovae purement limité par leur magnitude ($m < 19$ mag pour la détection, et $m < 18.5$ mag pour la classification), comme expliqué dans [FREMLING et al. \(2020\)](#); [PERLEY et al. \(2020\)](#). Les SNeIa étant visibles plusieurs semaines, la haute cadence des filtres g et r dans tout le ciel Nord permet de n’en manquer que très rarement (caméra hors service, ou mauvais temps sur une longue période par exemple). [PERLEY et al. \(2020\)](#) ont montré en se basant sur 25.5 mois d’acquisition (ZTF MSIP de mars 2018

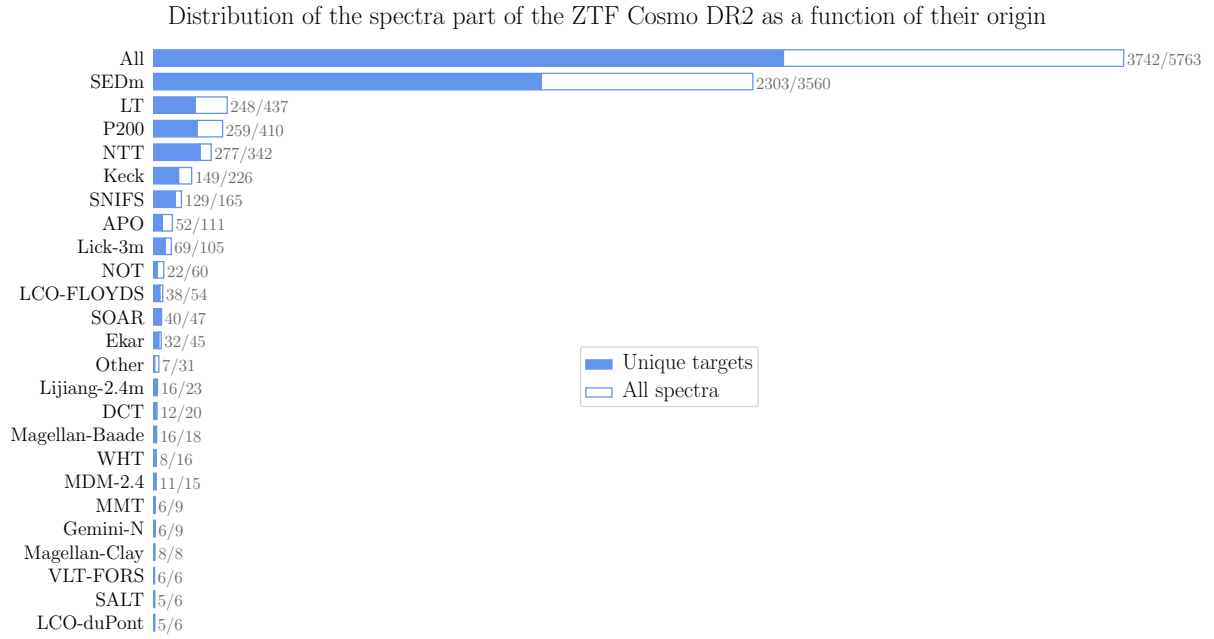


FIGURE 9.2 – Distribution des spectres appartenant à la DR2 de ZTF suivant leur origine. Les barres entières de la figure indique la quantité de spectres extrait par tel ou tel instrument, la partie en bleu pleine indique le nombre de SNeIa unique correspondant. Une large majorité de spectre et de SNeIa ($\sim 62\%$) ont été obtenues avec le spectrographe dédié à ZTF, la SEDm, et extraites par HYPERGAL.

à mi-2020), que l'échantillon BTS était spectroscopiquement complet à 97%, 93% et 75% aux magnitudes limites < 18 mag, < 18.5 mag et < 19 mag respectivement.

Dans notre cas, notre échantillon DR2 contient près de 20% de SNeIa supplémentaires à celui de BTS.

Nous montrons dans la Figure 9.3 le pic en magnitude dans la bande g de ZTF, dérivée à partir de l'ajustement SALT2 des courbes de lumières sur les SNeIa (classifiées spectralement) de la DR2. Nous montrons également la part de SNeIa appartenant également à l'échantillon BTS par intervalle de magnitude. La fraction de SNeIa de notre échantillon appartenant également à celui de BTS décroît fortement aux magnitudes > 18.75 mag, avant que les SNeIa uniques à la DR2 dominent clairement au delà de 19 mag. Cette observation nous laisse penser que notre échantillon de SNeIa est, à minima, spectroscopiquement aussi complet que celui de BTS, et peut potentiellement être complet à $\sim 100\%$ jusqu'à 18.75 mag. On observe ensuite une décroissance brutale de cette complétude dans l'intervalle 18.75-19 mag.

9.2.2 Golden sample

Nous allons nous concentrer dans la suite de ce chapitre sur le *golden sample* de la DR2 de ZTF, sous-échantillon de la DR2 complète qui sera utilisé pour la cosmologie. Cet échantillon est contraint par les critères de qualité sur l'ajustement des courbes de lumière par SALT2 que nous avons détaillés au chapitre ?? (détections photométrique à 5σ , 7 points avant et 7 points après le maximum dans au moins 2 bandes). D'autres critères

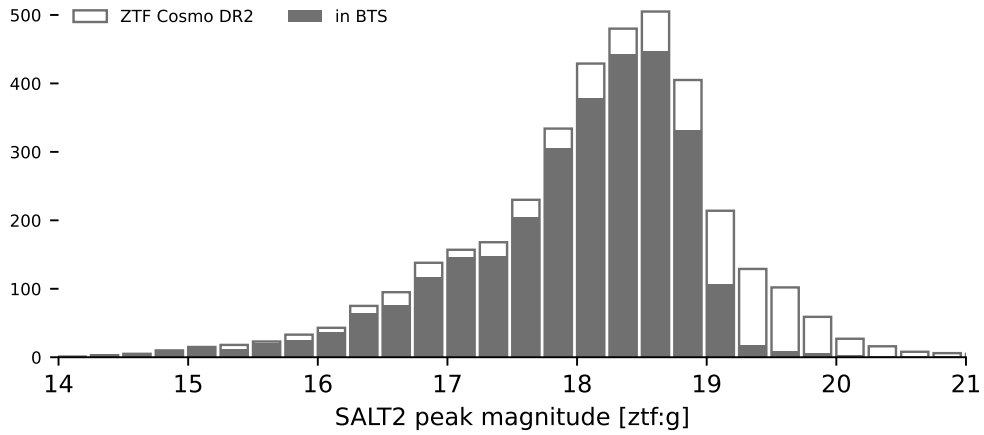


FIGURE 9.3 – Distribution du pic en magnitude dans la bande g de ZTF des SNeIa de la DR2, dérivées à partir de l’ajustement SALT2 des courbes de lumière. La partie noire de la distribution correspond à la proportion de supernovae également incluses dans l’échantillon BTS (FREMLING et al., 2020; PERLEY et al., 2020). Figure de M.Rigault.

numériques sur la qualité d’ajustement des courbes de lumière sont également utilisés, que nous n’aborderons pas ici.

Nous montrons dans la Figure 9.4 la nouvelle distribution des spectres appartenant au *golden sample* de la DR2. Cet échantillon est composé de 2547 supernovae de type Ia, pour lesquelles 3903 spectres ont été extraits et utilisés pour la classification. Environ 65.1% des spectres ont été obtenus avec la SEDm, et donc extraits par HYPERGAL, ainsi qu’une proportion similaire (65.3%) de SNIa unique.

Nous montrons dans la Figure 9.5 la distribution en $rlap$ du meilleur modèle de SNID ayant permis la classification des spectres du *golden sample* de la DR2 de ZTF. La distribution de ce paramètre de qualité obtenue avec HYPERGAL est similaire à celle obtenue avec les spectres extraits par d’autres instruments, avec une moyenne (médiane) de $rlap \approx 16(15)$, bien supérieur au seuil de qualité de 5.

Cette quantité de spectre recueilli dans un même échantillon est sans précédent, et va potentiellement permettre de mieux comprendre la physique des supernovae de type Ia. Nous montrons dans la Figure 9.6 un jeu de spectres de différentes SNeIa extraits avec HYPERGAL, au maximum de luminosité (phase = 0 jours) et dans un même intervalle de redshift ($0.05 < z < 0.06$).

9.2.3 Redshift et profondeur

Comme expliqué au chapitre ?? présentant ZTF, seules $\sim 40\%$ des SNeIa possèdent un redshift spectroscopique provenant de leur galaxie hôte (principalement du relevé spectroscopique SDSS). Les redshift manquant proviennent des caractéristiques spectrales des SNeIa à hauteur de $\sim 50\%$, ou de raies d’émission de contamination de la galaxie hôte ($\sim 10\%$). Cependant, les redshifts obtenus par le spectre des SNe sont précis à environ 5% , suffisant pour certaines études (hôte-corrélation, populations ...) mais insuffisant pour la cosmologie. Cependant, plus de 95% des galaxies hôtes ont une magnitude supérieur

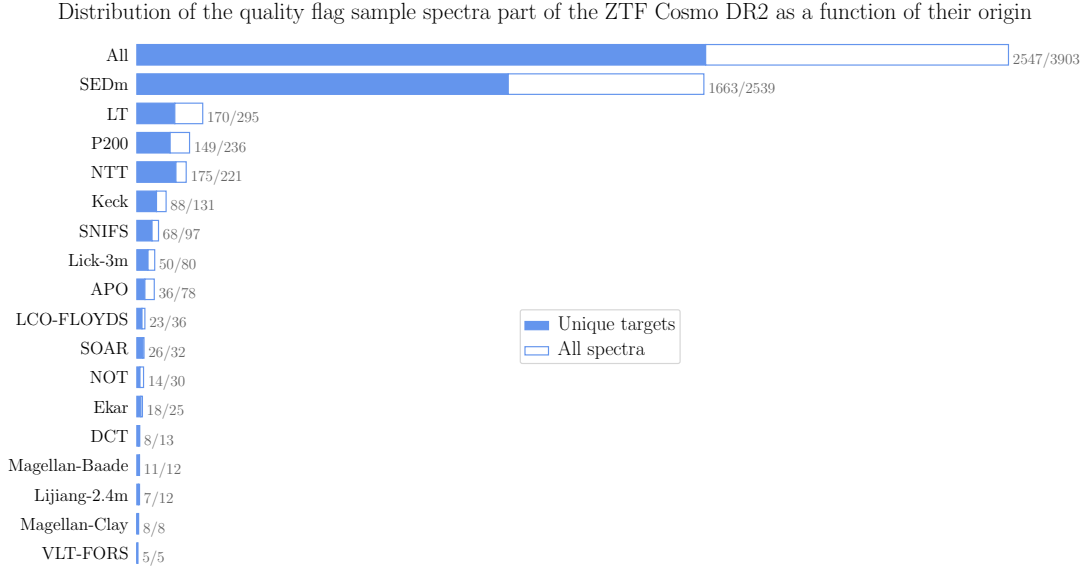


FIGURE 9.4 – Distribution des spectres appartenant au *golden sample* de la DR2 de ZTF suivant leur origine. Les barres entières de la figure indique la quantité de spectres extrait par tel ou tel instrument, la partie en bleue pleine indique le nombre de SNeIa unique correspondant. Une large majorité de spectre et de SNeIa ($\sim 65\%$) ont été obtenues avec le spectrographe dédié à ZTF, la SEDm, et extraites par HYPERGAL.

à 20 mag, ce qui signifie que d’autres relevés (comme par exemple DESI) pourraient à posteriori mesurer et fournir les redshift manquant.

Nous montrons dans la Figure 9.7 la corrélation redshift/pic de magnitude (ZTF_g) ainsi que leur distribution pour le *golden sample* de la DR2. Afin de mettre en évidence le rôle de la SEDm, nous indiquons en bleu toutes les SNeIa dont le spectre a été extrait par HYPERGAL et en rouge toutes celles extraites avec un autre instrument.

La distribution des magnitudes au maximum n’est pas sans rappeler celle de l’échantillon complet, présenté précédemment dans la Figure 9.3. À la profondeur limite de 19 mag, les SNeIa observées avec la SEDm et classifiées par HYPERGAL sont clairement dominantes, à hauteur de $\sim 82\%$ (1778/2182). Nous voyons d’ailleurs clairement sur la figure la coupure à cette luminosité. Au delà de 19 mag, nous observons une dominance nette des SNeIa classifiées par d’autres instruments, la SEDm ne contribuant alors que pour seulement 31% de SNeIa au delà de cette magnitude. De façon générale, la quantité de SNeIa dans l’échantillon tout instrument confondu croît continuellement jusqu’à 18.5 mag, pour ralentir à 18.75 mag et décroître brusquement de 50% au delà de 19 mag.

La distribution en redshift croît continuellement jusqu’à $z < 0.07$, avant de décroître progressivement. En suivant la méthode présenté par NICOLAS et al. (2021) pour obtenir un échantillon de SNeIa dans un volume limité mais complet, nous trouvons que l’échantillon cosmologique DR2 de ZTF devrait être libre de fonction de sélection jusqu’à un redshift de $z = 0.06$. La fonction de sélection sera activement discuté dans l’article de AMENOCHE et al. (in prep.).

Ce volume limité est composé de 949 SNeIa, dont 181 provenant d’une classification hors SEDm, et 768 provenant d’une classification SEDm+HYPERGAL, soit $\sim 81\%$ de ce sous échantillon.

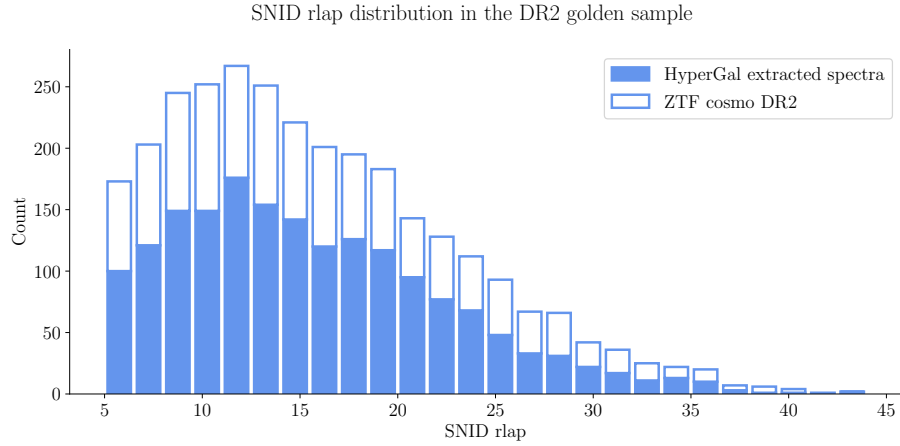


FIGURE 9.5 – Distribution du paramètre $rlap$ des meilleurs modèles SNID pour les spectres du *golden sample* de la DR2 de ZTF. En bleu sont présentés les spectres extraits par HYPERGAL et l’histogramme complet contient l’échantillon entier.

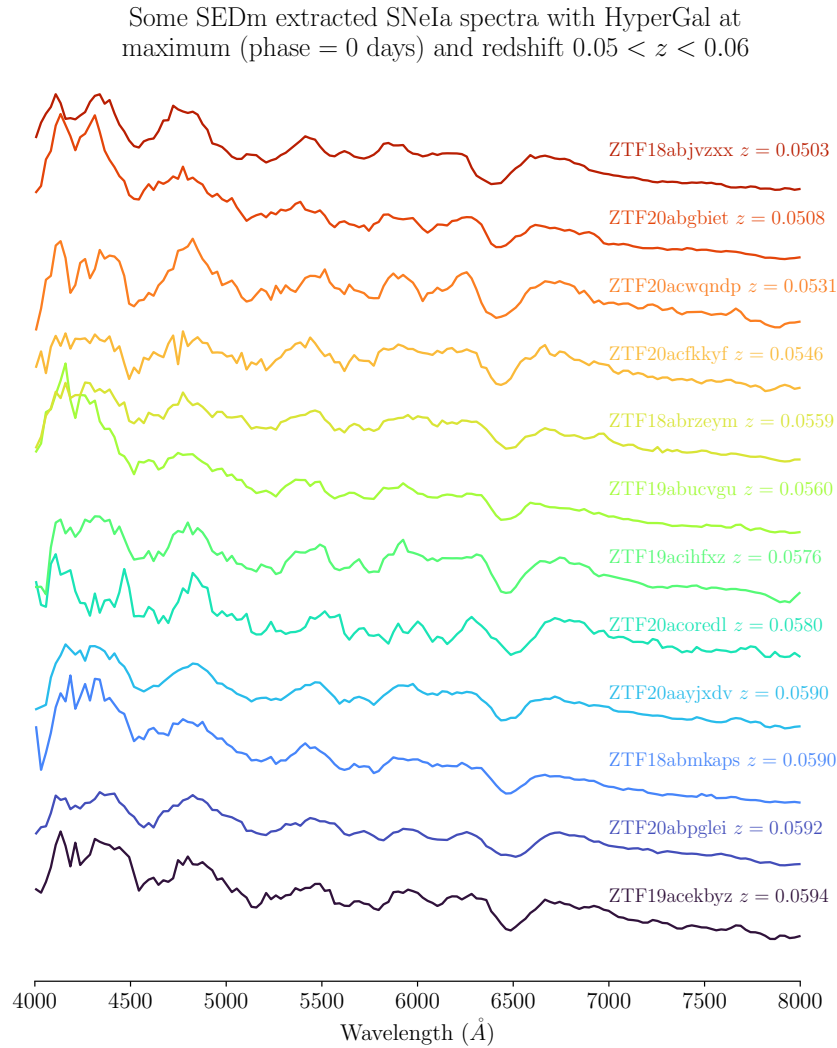


FIGURE 9.6 – Exemple de spectres du *golden sample* de la DR2 extraits par HYPERGAL au pic de luminosité dans un même intervalle de redshift ($0.05 < z < 0.06$).

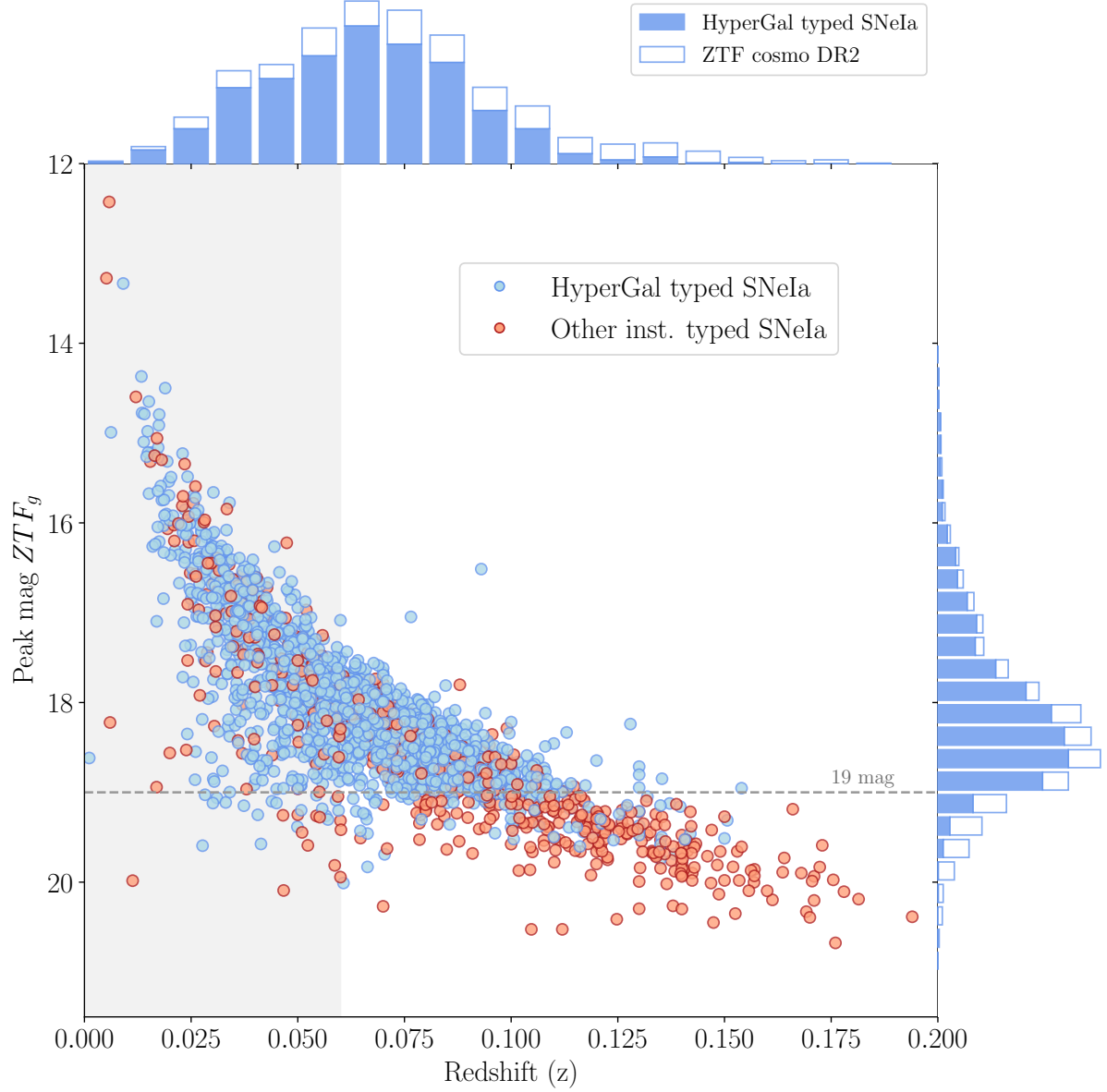


FIGURE 9.7 – Corrélation redshift/pic de magnitude dans la bande ZTF_g des SNeIa du *golden sample* de la DR2 de ZTF. Nous indiquons la limite à 19 mag, limite à laquelle la vaste majorité des classifications a été effectuée grâce à la SEDm, et a fortiori HYPERGAL. La bande grise indique le sous échantillon à volume limité au redshift $z = 0.06$, profondeur où l'échantillon est potentiellement libre de fonction de sélection.

9.2.4 Courbes de lumière

9.2.4.1 Phases

Nous présentons ici quelques résultats préliminaires obtenus à partir de l'ajustement des courbes de lumière avec SALT2, en restant focalisé sur le *golden sample* de la DR2. La Figure 9.8 illustre à titre d'exemple la courbe de lumière de trois SNeIa, avec l'ajustement SALT2 correspondant. La première correspond à une SNIa observée à très haute cadence, avec plus d'une centaine de points avant et après le maximum de luminosité. La seconde présente un cas typique des SNeIa de la DR2, avec un dizaine de points avant le pic, et une quinzaine après. Le troisième exemple illustre un cas limite du seuil de qualité pour appartenir au *golden sample* de la DR2.

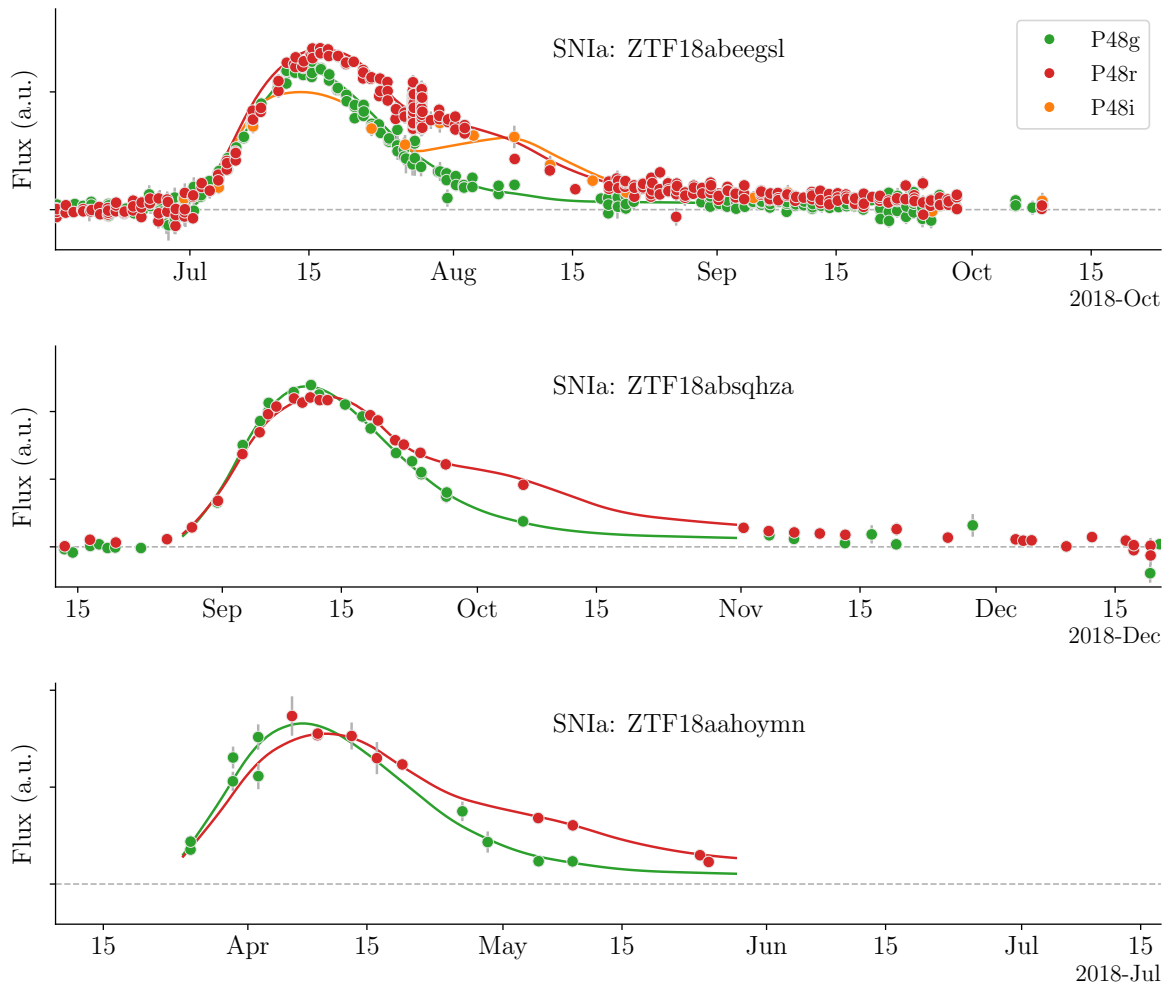


FIGURE 9.8 – Exemple de courbe de lumière de SNeIa du *golden sample* de la DR2. Nous montrons également l'ajustement SALT2 correspondant. Le code couleur réfère à la bande de ZTF considérée. De *haut en bas* : Un cas extrême de très haute cadence avec plusieurs centaines de points, un cas typique avec une dizaine (quinzaine) de points avant (après) le maximum, et un cas limite pour intégrer notre échantillon.

La distribution du nombre de points de détection avant et après le maximum est présentée dans la Figure 9.9, où nous restreignons la partie *early phase* à une phase

comprise entre $[-20\text{d}, 0\text{d}]$, et la partie *late phase* entre $[0\text{d}, +30\text{d}]$. Nous voyons bien que, typiquement, nous avons ~ 10 points avant le maximum de luminosité, et ~ 20 points après. La première détection photométrique survient à une phase médiane de -13.3 jours toutes bandes confondues (-12.3 pour g , -12.5 pour r et -8 pour i).

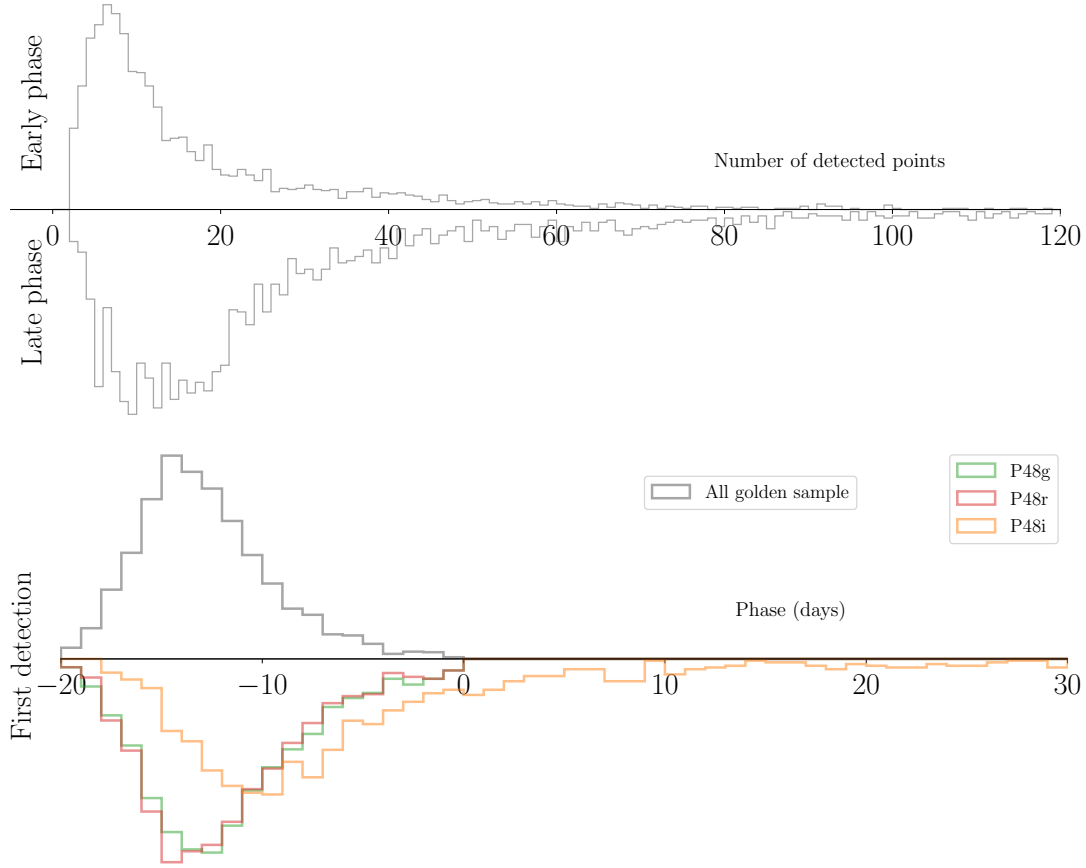


FIGURE 9.9 – *En haut* : distribution du nombre de points de détection photométrique (toutes bandes confondues) avant et après le maximum de luminosité pour les SNeIa du *golden sample* de la DR2. Nous avons typiquement ~ 10 points avant le maximum de luminosité, et ~ 20 points après. *En bas* : distribution de phase de la première détection photométrique pour le même échantillon, toutes bandes confondues (en gris) et dans chaque bande individuelle (couleurs). La première détection survient à une phase médiane de -13.3 jours.

Nous montrons également la distribution de phase lors de la première acquisition spectrale dans la Figure 9.10, en distinguant la SEDm des autres instruments. La SEDm est l'instrument le plus réactif pour obtenir le premier spectre des SNeIa de notre échantillon, avec $\sim 70\%$ de premières détections. Les spectres de première détection ont une phase médiane de -3 jours, soit environ 10 jours après la première détection photométrique.

Il est par ailleurs possible de comparer les phases obtenues avec SALT2 avec celles obtenues avec SNID sur les spectres de SNeIa, et donc indépendamment des observations photométriques. Nous montrons cette relation dans la Figure 9.11. Pour cette étude, nous avons considéré tous les spectres du *golden sample*, en distinguant ceux acquis avec la SEDm des autres instruments. Pour la phase, nous avons utilisé celle du meilleur modèle

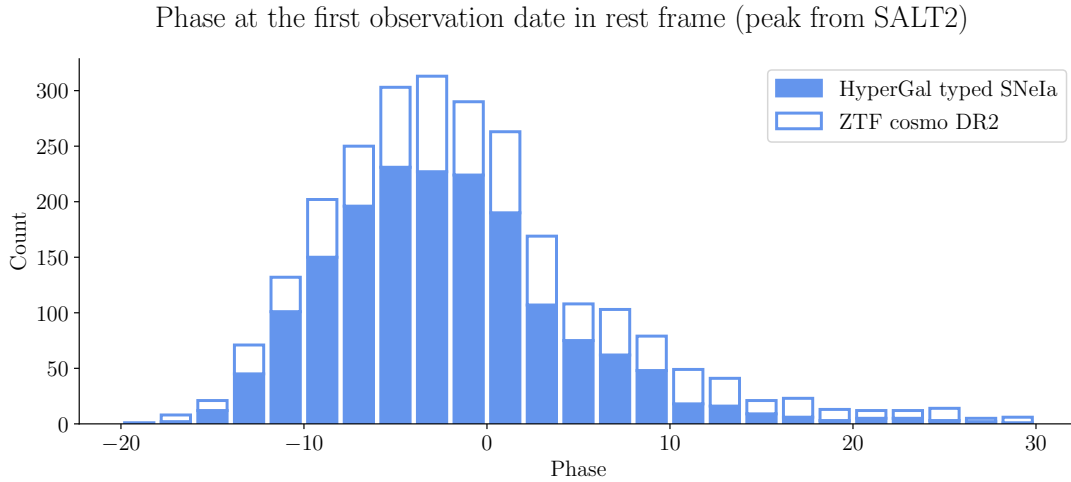


FIGURE 9.10 – Distribution de phase de la première acquisition spectrale des SNeIa de la DR2. La partie bleue pleine de la distribution indique la proportion de spectre extraite par la SEDm, et a fortiori **HYPERGAL**, comme toute première extraction spectrale.

ajusté par SNID. Nous observons que la qualité des spectres, tout instrument confondu, permet de retrouver une phase à environ ± 3 jours de celle obtenue avec SALT2, avec moins d’une dizaine de valeurs aberrantes parmi les milliers de spectres analysés.

9.2.4.2 *Stretch* (x_1) et couleur (c)

L’ajustement des courbes de luminosité avec SALT2 nous permet de remonter aux paramètres de standardisation, le *stretch* x_1 et la couleur c , intrinsèques à chaque SNIa.

Nous commençons par illustrer dans la Figure 9.12 la corrélation de chacun de ces deux paramètres avec le redshift, en considérant le *golden sample* dans son ensemble. La corrélation en redshift est clairement visible dans les deux cas, et nous observons clairement un nombre décroissant de SNeIa observées à bas *stretch* (déclin rapide de luminosité), et de couleur élevée (plus rouges). La bande grise indique à nouveau la profondeur en redshift du volume limité ($z < 0.06$), et l’observation de ces corrélations nous conforte sur cette hypothèse d’échantillon libre de fonction de sélection à cette profondeur.

Nous faisons également la distinction dans cette figure des SNeIa observées par la SEDm (extraites par **HYPERGAL**) et celles extraites par d’autres instruments. Nous voyons nettement la dominance de la SEDm pour la classification des spectres jusqu’à un redshift d’environ $z \approx 0.1$ (80% ; 1760/2205 SNeIa), du même ordre de grandeur que dans l’échantillon à volume limité (81%). Au delà de $z = 0.1$, la majorité des SNeIa (65%) ont été classifiées à partir d’un spectre obtenu d’un autre instrument, possédant une plus haute résolution et surtout une plus grande profondeur.

En se focalisant à présent sur l’échantillon à volume limité, nous pouvons alors plus clairement étudier la distribution des paramètres des courbes de lumière x_1 et c , sans se soucier¹ d’effets de sélection pouvant affecter la dérivation des paramètres cosmologiques (SCOLNIC et KESSLER, 2016).

En supposant que ce sous-échantillon est effectivement libre de fonction de sélection,

1. Cette hypothèse est bien évidemment encore à valider par AMENOCHE et al. (in prep.)

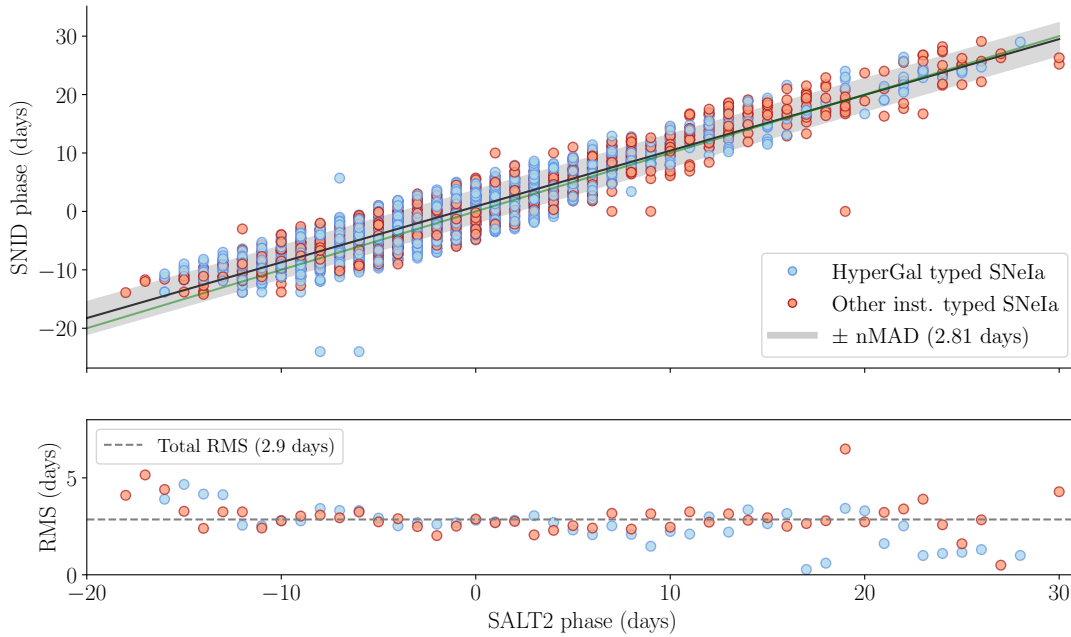


FIGURE 9.11 – *En haut* : corrélation entre les phases SNID et les phases SALT2 du *golden sample* de la DR2 de ZTF. Nous indiquons avec la ligne verte la fonction identité, et en noir l’ajustement linéaire et le nMAD comme estimateur de la déviation standard. En bas nous montrons le RMS par intervalle (1 jour) de phase déterminé avec SALT2, sachant la date d’acquisition spectrale. Les spectres semblent permettre de déterminer la phase avec une précision de l’ordre de ± 3 jours.

alors l’étude des paramètres des courbes de lumière nous offrirait deux informations importantes. Premièrement, la distribution de ces paramètres nous permettrait de faire une estimation précise de la fonction de sélection à utiliser pour l’échantillon entier. Dans un second temps, cette étude nous donne les clés pour étudier la nature de la population de SNeIa, et sonder une potentielle évolution avec le redshift (NICOLAS et al., 2021).

Nous présentons les corrélations *stretch*/couleur de l’échantillon à volume limité dans la Figure 9.13. Comme précédemment, nous distinguons les SNeIa classifiées avec la SEDm des autres instruments. Nous montrons ainsi les distributions en *stretch* et en couleur pour le sous-échantillon entier (en gris), et pour les SNeIa classifiées par la SEDm seules (en bleu). Les distributions sont présentées sous forme d’idéogrammes, déterminés à partir de la somme des contributions gaussiennes définies par chaque point de donnée et l’erreur associée. Ces idéogrammes permettent ainsi de représenter au mieux la distribution des données en supposant une erreur gaussienne, et de façon continue (sans intervalle contrairement à un histogramme classique). Chaque idéogramme est normalisé de sorte que l’intégrale soit unitaire. Nous pouvons ainsi clairement voir que la distribution des paramètres des courbes de lumières appartenant aux SNeIa classifiées par la SEDm sont parfaitement représentatifs de l’échantillon dans son ensemble.

Par ailleurs, nous pouvons voir que la caractéristique bi-modale de la distribution en *stretch* est clairement visible. Le mode à bas *stretch* compte pour $\approx 25\%$ de la distribution, comme prédit par NICOLAS et al. (2021), dont nous présentons l’ajustement sur les données en superposition à l’idéogramme.

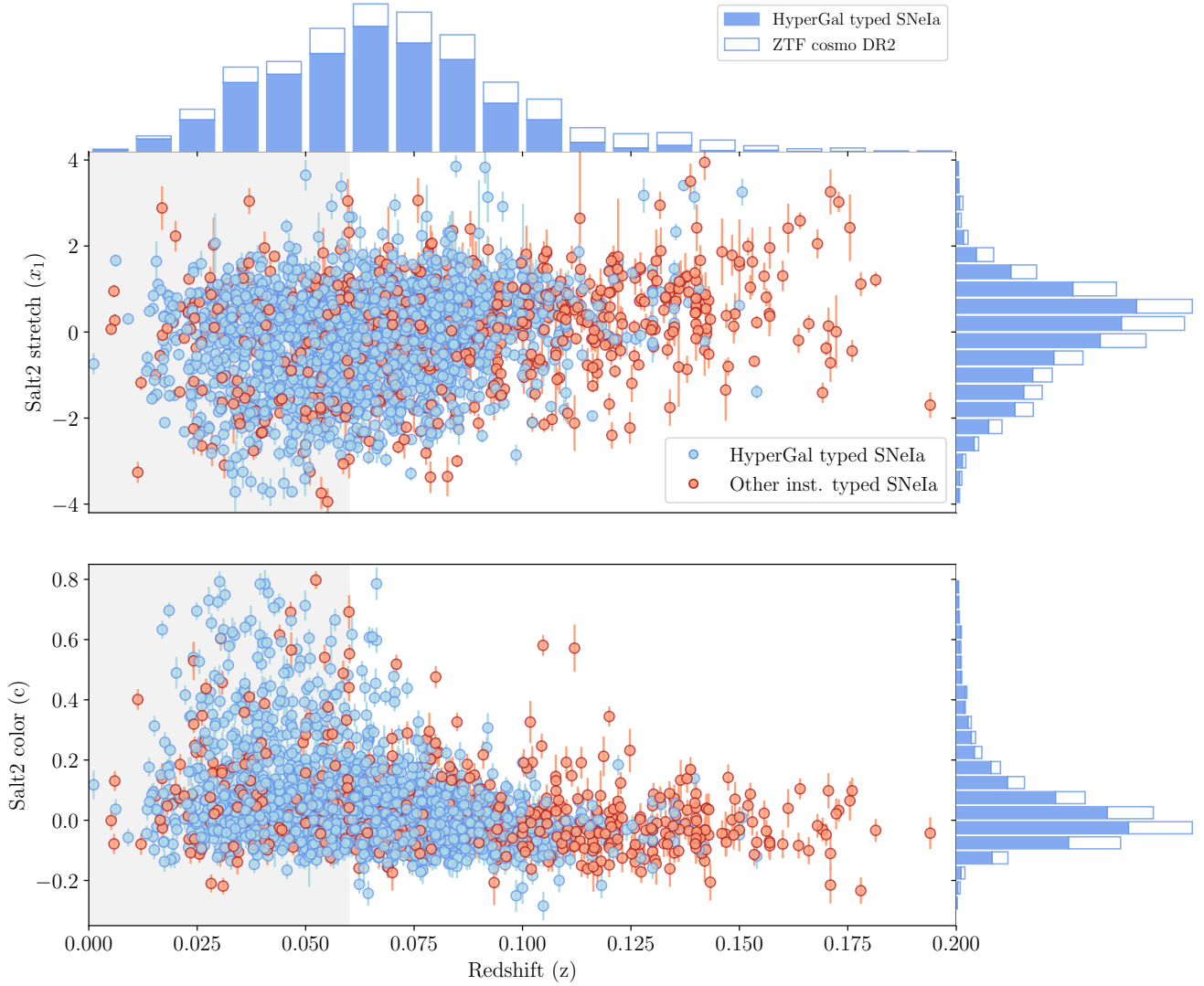


FIGURE 9.12 – Paramètres SALT2 de stretch x_1 (*en bas*) et couleur c (*en haut*) pour la DR2 de ZTF. Seules les SNeIa du *golden sample* sont considérées. La bande grise indique le volume limité à $z < 0.06$. Les points bleus (histogrammes bleus) correspondent aux SNeIa ayant été classifiées suite à une extraction spectrale avec la SEDm. Les points rouges (histogrammes blancs) correspondent aux SNeIa classifiées par un autre instrument. Nous voyons clairement l'autosuffisance de la SEDm jusqu'à un redshift $z \approx 0.1$, au delà duquel la majorité des SNeIa ont été classifiées par un autre spectrographe.

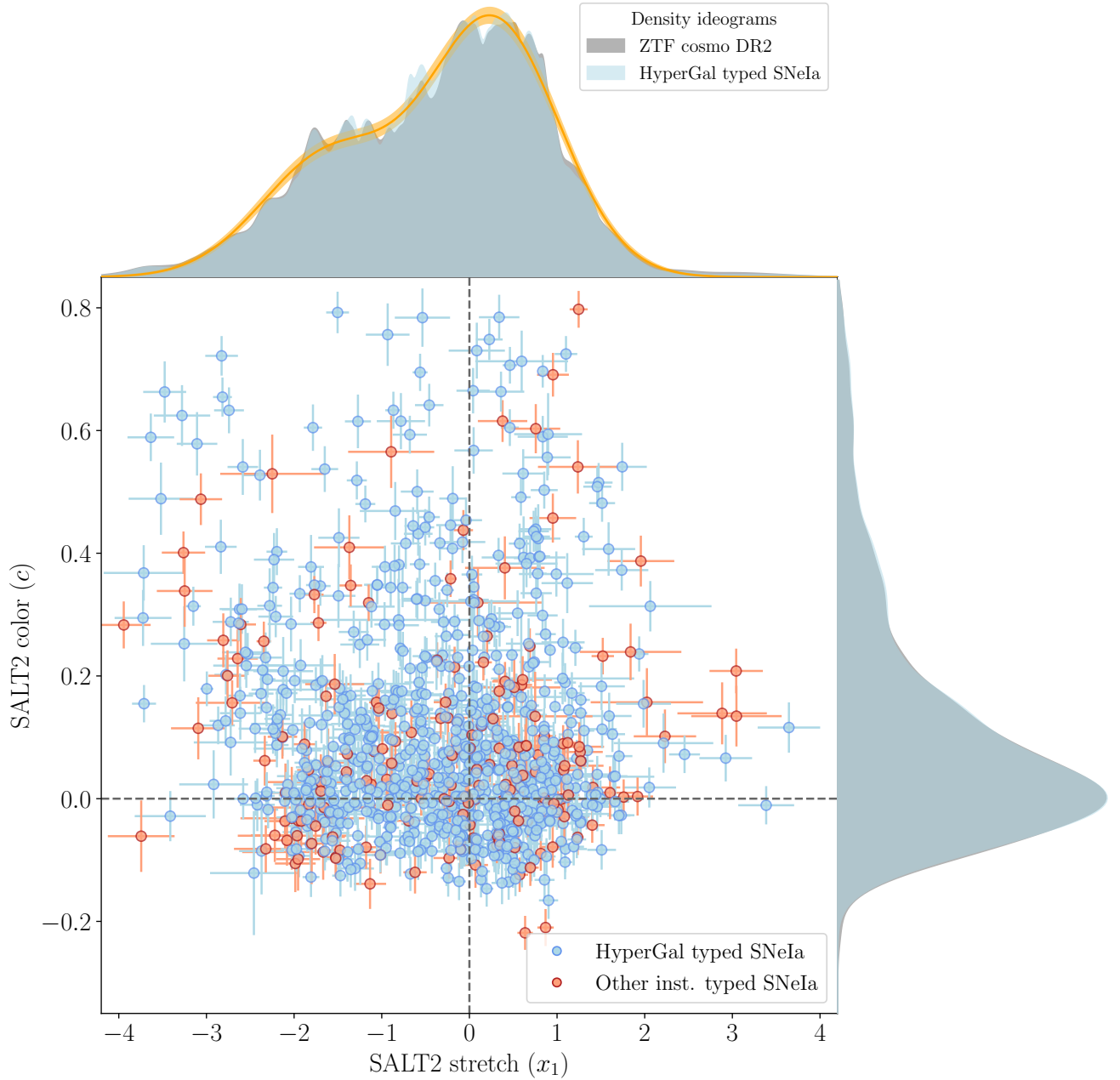


FIGURE 9.13 – Correlation entre les paramètres SALT2 de *stretch* et couleur pour le *golden sample* de la DR2 de ZTF. Ici seules les SNIa du volume limité à $z < 0.06$ sont considérées. Les points bleus correspondent aux SNIa ayant été classifiées suite à une extraction spectrale avec la SEDm. Les points rouges correspondent aux SNIa classifiées par un autre instrument. Les distributions de chaque paramètres sont représentées sous forme d'idéogramme, déterminés à partir de la somme des contributions gaussiennes définies par chaque point de donnée et l'erreur associée. Chaque idéogramme est normalisé de sorte que l'intégrale soit unitaire. Les distributions bleues représentent la contribution de la SEDm, et les grises celles sans distinction d'instrument ayant classifié la SNIa. Nous voyons clairement l'illustration de l'auto-suffisance de la SEDm pour représenter la population de SNIa dans ce volume limité. La courbe orange correspond au modèle bi-modal redshift dépendant de [NICOLAS et al. \(2021\)](#).

9.3 Conclusion

La DR2 de ZTF est composée de près de 3700 SNeIa, dont ~ 2600 remplissent les critères de qualité cosmologique. La vaste majorité de cet échantillon à bas redshift de nouvelle génération proviennent de la SEDm, spectrographe 3D dédié à la classification des SNe. L'utilisation d'**HYPERGAL** dans cette data release a ainsi contribué à la classification de 65% des SNeIa la composant.

En se concentrant sur la limite en redshift de $z < 0.1$, profondeur à laquelle la SEDm a été conçue, ce sont près de 80% des SNeIa de l'échantillon qui ont été classifiées par **HYPERGAL** (1760/2205). Cela témoigne clairement du rôle cruciale de la SEDm dans l'utilisation de cette sonde cosmologique.

L'étude des paramètres des courbes de lumières et de la distribution en redshift des SNeIa du *golden sample* de la DR2 pointent vers l'existence d'un sous-échantillon dans le volume limité $z < 0.06$ complet, libre de toute fonction de sélection, et entièrement réalisé avec le même instrument. Ce volume limité est constitué à 81% (768/949) de SNeIa observées par la SEDm et classifiées par **HYPERGAL**. D'ici la fin de la seconde phase de ZTF (ZTF-II; décembre 2020 - mi-2024), il est attendu que le *golden sample* passe de ≈ 2600 SNeIa à plus de 5000 SNeIa, toutes classifiées spectralement et dans les même proportions qu'actuellement par **HYPERGAL**, et remplissant les critères de qualité pour la dérivations de paramètres cosmologiques.

Bibliographie

- FREMLING C., MILLER A. A., SHARMA Y. et al. 2020, « The Zwicky Transient Facility Bright Transient Survey. I. Spectroscopic Classification and the Redshift Completeness of Local Galaxy Catalogs », *The Astrophysical Journal*, 895, 32 [↑ Section 9.2.1](#), [↑ Section 9.3](#)
- NICOLAS N., RIGAULT M., COPIN Y. et al. 2021, « Redshift evolution of the underlying type Ia supernova stretch distribution », *Astronomy and Astrophysics*, 649, A74 [↑ Section 9.2.3](#), [↑ Section 9.2.4.2](#), [↑ Section 9.13](#)
- PERLEY D. A., FREMLING C., SOLLERMAN J. et al. 2020, « The Zwicky Transient Facility Bright Transient Survey. II. A Public Statistical Sample for Exploring Supernova Demographics », *The Astrophysical Journal*, 904, 35 [↑ Section 9.2.1](#), [↑ Section 9.3](#)
- SCOLNIC D. et KESSLER R. 2016, « Measuring Type Ia Supernova Populations of Stretch and Color and Predicting Distance Biases », *The Astrophysical Journal, Letters*, 822, L35 [↑ Section 9.2.4.2](#)
- SMARTT S. J., VALENTI S., FRASER M. et al. 2015, « PESSTO : survey description and products from the first data release by the Public ESO Spectroscopic Survey of Transient Objects », *Astronomy and Astrophysics*, 579, A40 [↑ Section 9.2.1](#)