

Application d'HyperGal à la Data Release 2 de ZTF Cosmologie

Sommaire

10.1	Présentation de la DR2 de ZTF	2
10.2	Statistiques sur les supernovae de type Ia	3
10.2.1	Classification spectrale	3
10.2.2	<i>Golden sample</i>	4
10.2.3	Redshift et profondeur	6
10.2.4	Courbes de lumière	10
10.3	Conclusion	16

L'amélioration apportée par la modélisation hyperspectrale de la galaxie hôte avec **HYPERGAL** a convaincu la collaboration de son utilisation en complément 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 extraites par **HYPERGAL**.

Dans ce chapitre nous présentons cette seconde Data Release 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. Nous nous concentrerons essentiellement sur le *golden sample* de cette DR2, sous échantillon remplissant certains critères de qualité et qui sera utilisé pour la dérivation de paramètres cosmologiques.

10.1 Présentation de la DR2 de ZTF

La DR2 du groupe *Type Ia Supernovae & Cosmology* de ZTF (DR2 par la suite) 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 fin 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 10.1 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 r_{ztf} , 38% avec g_{ztf} et 5% avec i_{ztf} .

TABLE 10.1 – Statistiques médianes effectuées à partir des 431k expositions par ZTF durant sa phase 1.

Filtre	Nombre d’ exposition	Seeing [arcsec]	Masse d’ air	Magnitude limite [5σ]	Cadence [jours]
g	165k	2.2	1.7	20.56	2.05
r	247k	2.0	1.2	20.39	1.02
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 10.1 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. Les champs 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 cohérence 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.

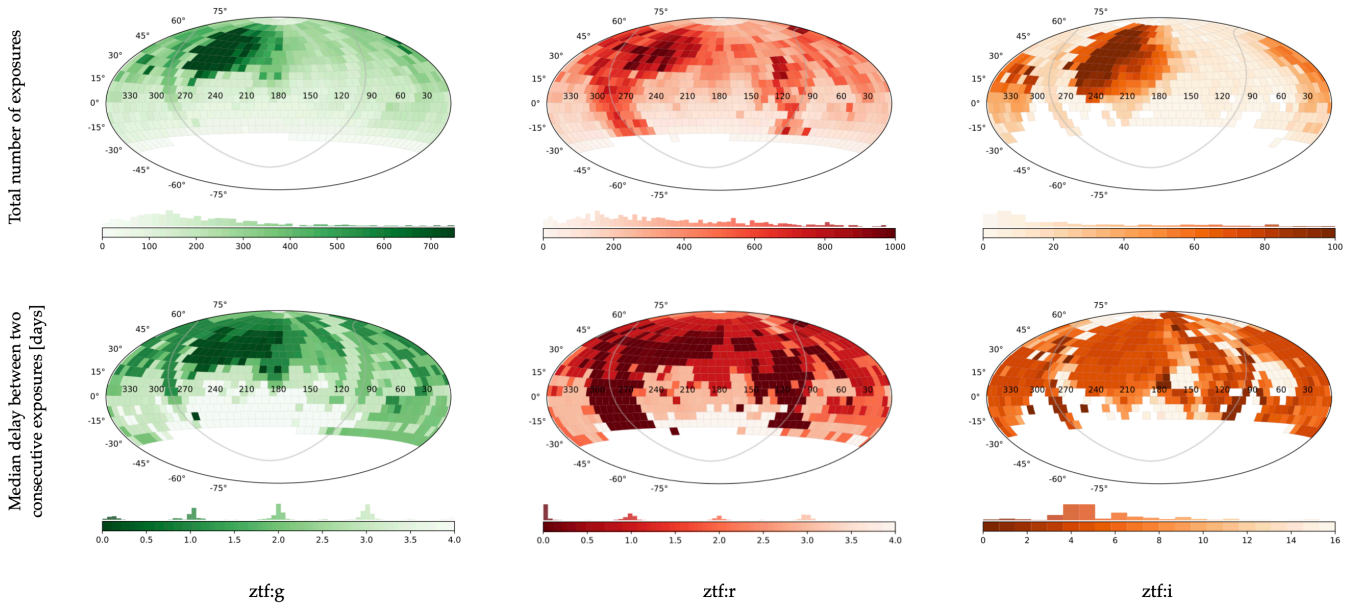


FIGURE 10.1 – Statistiques de la couverture du ciel de la phase 1 de ZTF, pour chaque bande et chaque champ. Seules les images remplissant les seuils de qualité sont considérées. La fine bande grise sur chaque image représente la Voie Lactée ($b = 0$). En haut le nombre total d’exposition par champ et par filtre. En bas le délai médian entre deux expositions successives. Figure de M. Rigault.

10.2 Statistiques sur les supernovae de type Ia

10.2.1 Classification spectrale

Seules les SNeIa ayant été classifiées spectralement sont considérées dans la DR2. Nous montrons dans la Figure 10.2 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 3792 supernovae de type Ia, pour lesquelles 5813 spectres ont été extraits et utilisés pour la classification. Environ 60.7% des spectres ont été obtenus avec la SEDm, puis extraits par HYPERGAL, ainsi qu’une proportion similaire (61.2%) de SNIa unique.

Le reste des spectres provient 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, ?).

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 ??. 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). ? ont montré en se basant sur 25.5 mois d’acquisition (ZTF MSIP de mars 2018 à mi-2020), que l’échantillon BTS était spectroscopiquement

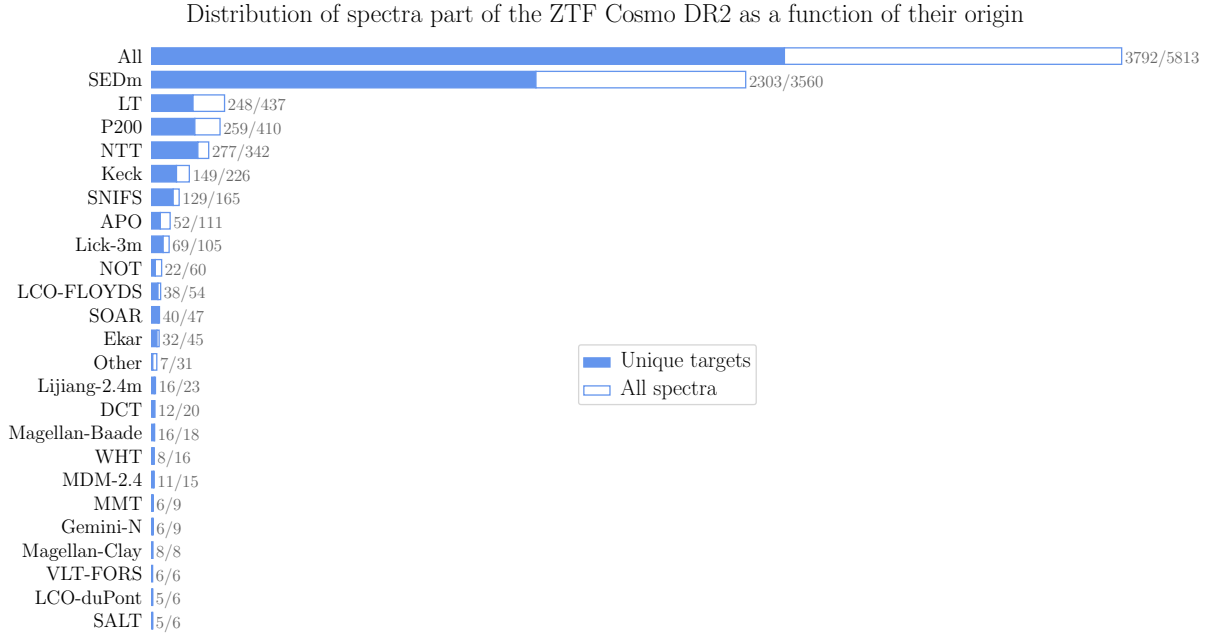


FIGURE 10.2 – Distribution des spectres appartenant à la DR2 de ZTF suivant leur origine. Les barres entières de la figure indique la quantité de spectres extrait par tel ou tel instrument, la partie en bleue pleine indique le nombre de SNeIa unique correspondant. Une large majorité de spectre et de SNeIa ($\sim 61\%$) ont été obtenues avec le spectrographe dédié à ZTF, la SEDm, et extraites par HYPERGAL.

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 10.3 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. La part de SNeIa appartenant également à l'échantillon BTS par intervalle de magnitude est également indiquée. La fraction de SNeIa de notre échantillon appartenant à celui de BTS décroît fortement aux magnitudes > 18.75 mag, avant que les SNeIa uniques à la DR2 ne dominent clairement au delà de 19 mag. Cette observation nous laisse penser que notre échantillon de SNeIa est, a 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.

10.2.2 *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 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 photométriques à 5σ , 7 points entre les phases -15 et 0 jours, 7 points entre les phases 0 et $+30$ jours, le total étant réparti dans

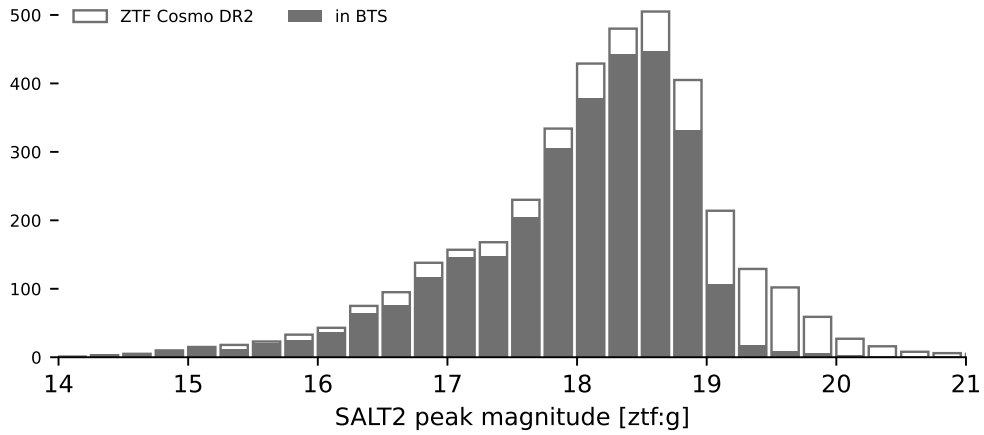


FIGURE 10.3 – Distribution du pic en magnitude dans la bande g de ZTF des SNeIa de la DR2, dérivées à partir de l’ajustement SALT2 des courbes de lumières. La partie noire de la distribution correspond à la proportion de supernovae également incluses dans l’échantillon BTS (??). Figure de M.Rigault.

au moins 2 bandes. D’autres critères de conservations sont également pris en compte pour assurer la meilleure qualité possible de l’échantillon : le stretch x_1 doit être dans l’intervalle $[-4, 4]$, et la couleur c dans l’intervalle $[-0.3, 0.8]$, SALT2 étant faiblement entraîné en dehors. Nous récapitulons ces différentes coupures dans la Table 10.2, indiquant l’évolution de la taille de l’échantillon au fil des coupures.

TABLE 10.2 – Statistiques de l’échantillon DR2 de ZTF Cosmologie

Coupure	# SNeIa	# SNeIa retirées	% de SNeIa retirées
Échantillon complet	3792	–	–
Coupure de qualité	2973	819	21.6
$x_1 \in [-4, +4]$	2931	42	1.4
$c \in [-0.3, 0.8]$	2905	26	0.9

Nous montrons dans la Figure 10.4 la nouvelle distribution des spectres appartenant au *golden sample* de la DR2. Cet échantillon est composé de 2905 supernovae de type Ia, pour lesquelles 4495 spectres ont été extraits et utilisés pour la classification. Environ 64.9% des spectres ont été obtenus avec la SEDm, et donc extraits par **HYPERGAL**, ainsi qu’une proportion similaire (65.4%) de SNIa unique.

Nous montrons dans la Figure 10.5 la distribution en $rlap$ du meilleur modèle de SNID ayant permis la classification des spectres du *golden sample*. 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.

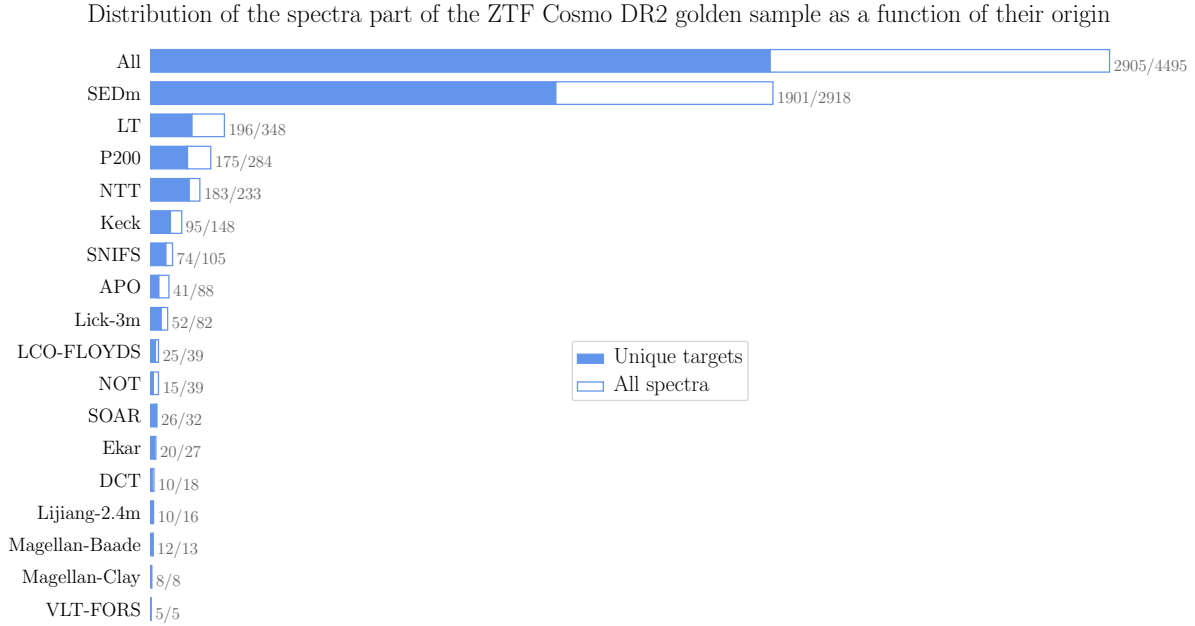


FIGURE 10.4 – Distribution des spectres appartenant au *golden sample* de la DR2 de ZTF suivant leur origine. Les barres entières de la figure indique la quantité de spectres extrait par tel ou tel instrument, la partie en bleue pleine indique le nombre de SNeIa unique correspondant. Une large majorité de spectre et de SNeIa ($\sim 65\%$) ont été obtenues avec le spectrographe dédié à ZTF, la SEDm, et extraites par HYPERGAL.

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 10.6 un jeu de spectres de différentes SNeIa extraits avec HYPERGAL, au maximum de luminosité (phase = 0 jours) et dans un même intervalle de redshift ($0.05 < z < 0.06$).

10.2.3 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 ($\sim 10\%$). Les redshifts obtenus par le spectre des SNe sont précis à environ 5% , suffisant pour certaines études (environnement local, populations ...) mais insuffisant pour la cosmologie. Cependant, plus de 95% des galaxies hôtes ont une magnitude supérieure à 20 mag, ce qui signifie que d’autres relevés (comme par exemple DESI) pourraient à posteriori mesurer et fournir les redshifts manquants.

Nous montrons dans la Figure 10.7 la corrélation redshift/pic de magnitude (g_{ztf}) 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 dans la Figure 10.3. À la profondeur limite de 19 mag, les SNeIa observées

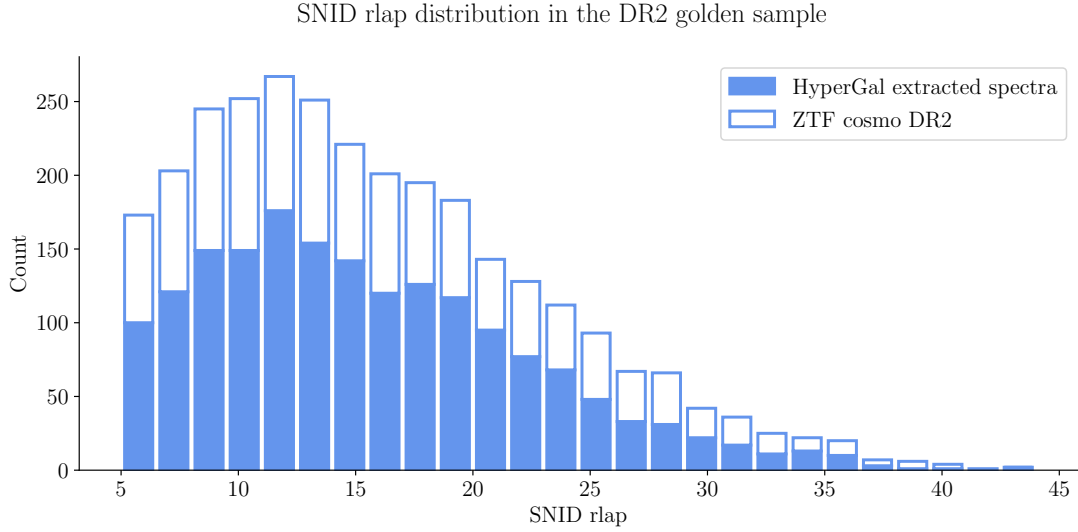


FIGURE 10.5 – Distribution du paramètre *rlap* des meilleurs modèles **SNID** pour les spectres du *golden sample* de la DR2 de ZTF. En bleu sont présentés les spectres extraits par **HYPERGAL** et l’histogramme complet contient l’échantillon entier.

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 présentée par ? pour obtenir un échantillon complet de SNeIa dans un volume limité, nous trouvons que l’échantillon cosmologique DR2 de ZTF devrait être exempt de fonction de sélection jusqu’à un redshift de $z = 0.06$ ¹. La fonction de sélection du *golden sample* sera activement discutée dans l’article de AMENOUCHE et al. (in prep.).

Ce volume limité est composé de 1077 SNeIa, dont 208 provenant d’une classification hors SEDm, et 869 provenant d’une classification SEDm+**HYPERGAL**, soit $\sim 81\%$ de ce sous échantillon.

¹. En réalité une coupure en redshift ne définit un vrai volume physique, à cause de la contribution des vitesses particulières des galaxies dans le redshift mesuré.

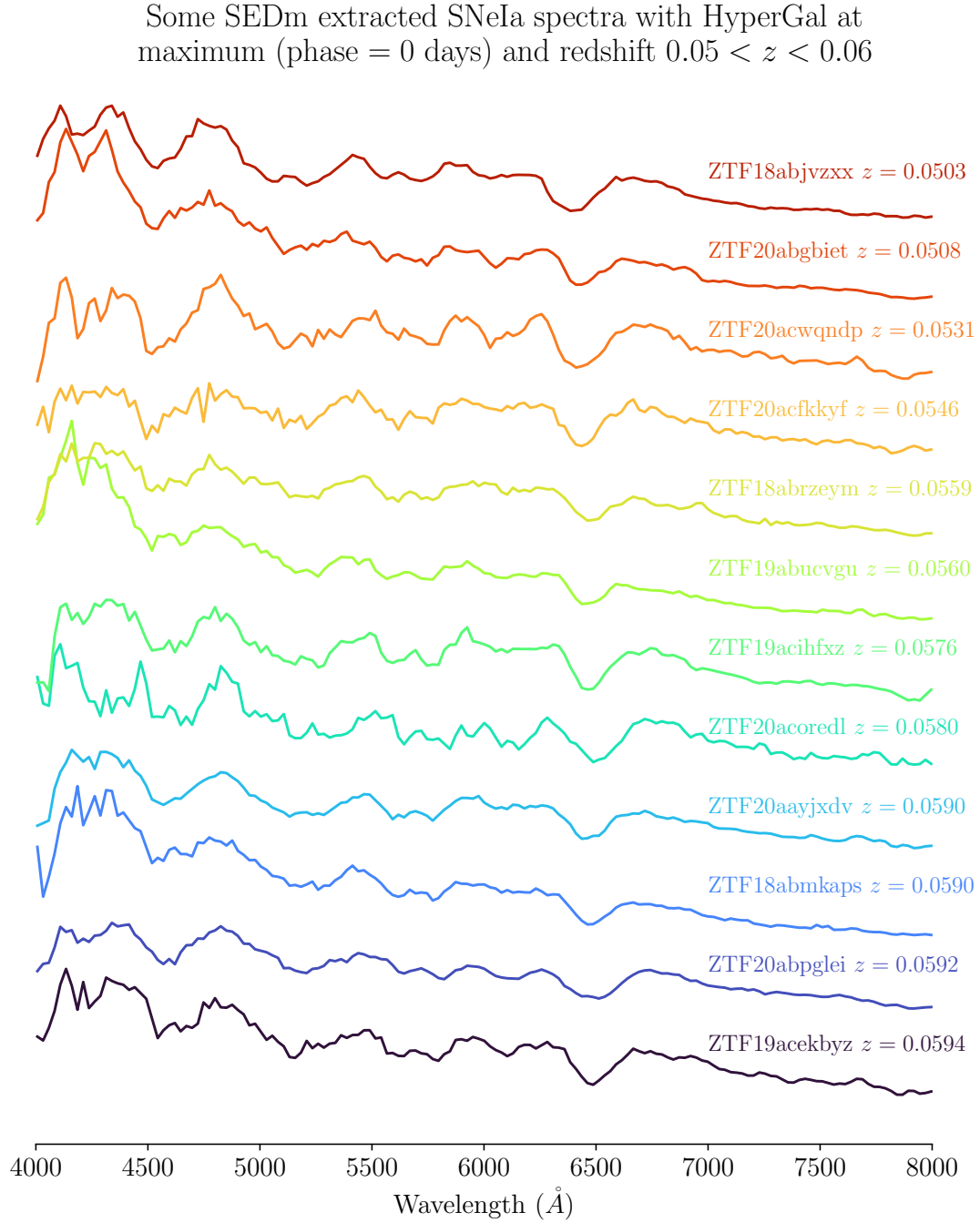


FIGURE 10.6 – Exemple de spectres du *golden sample* de la DR2 extraits par HYPERGAL au pic de luminosité dans un même intervalle de redshift ($0.05 < z < 0.06$).

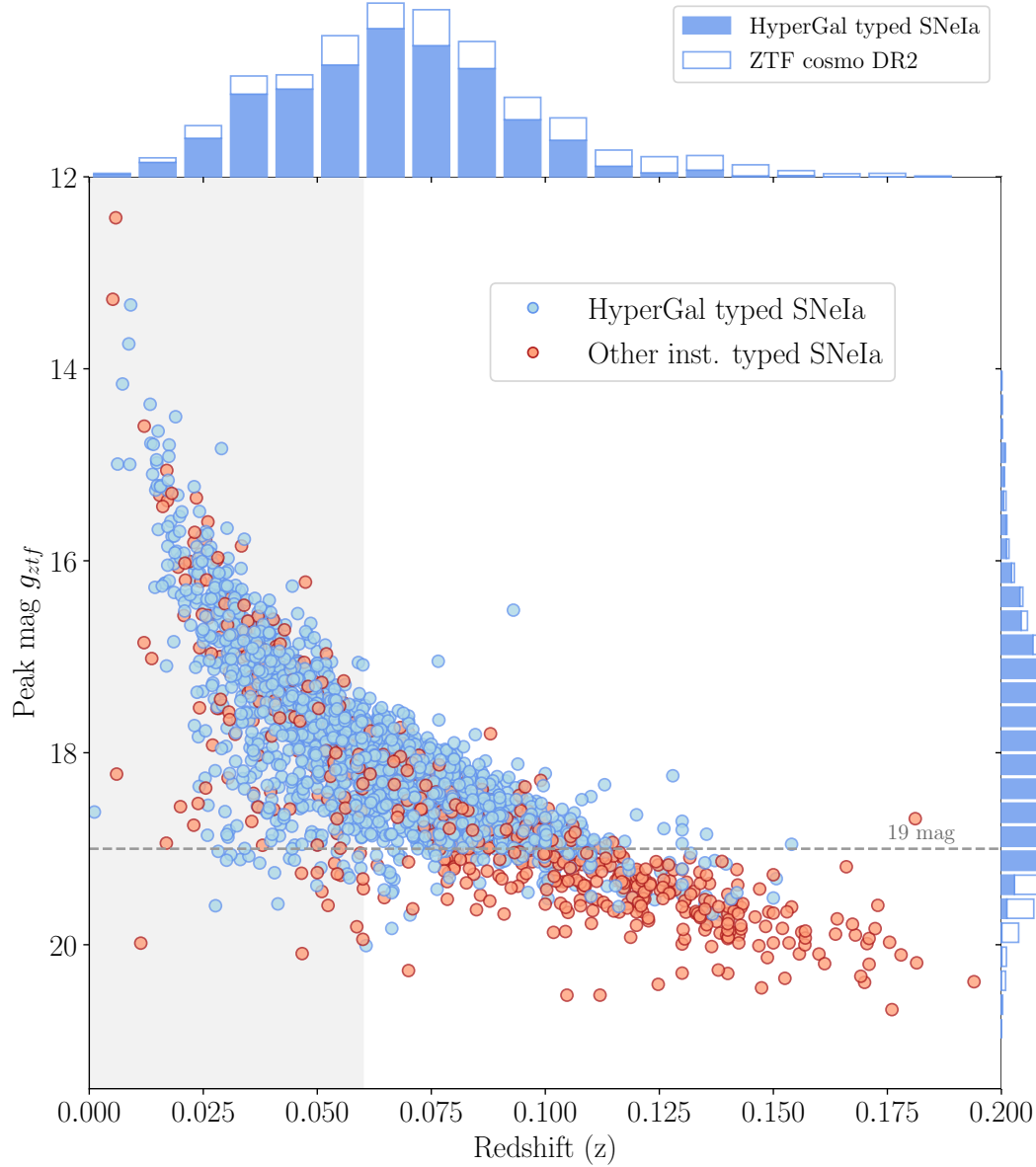


FIGURE 10.7 – Corrélation redshift/pic de magnitude dans la bande g_{ztf} des SNeIa du *golden sample* de la DR2 de ZTF. Nous indiquons la limite à 19 mag, limite à laquelle la vaste majorité des classifications a été effectuée grâce à la SEDm et HYPERGAL. La bande grise indique le sous échantillon à volume limité au redshift $z = 0.06$, profondeur où l'échantillon est potentiellement exempt de fonction de sélection.

10.2.4 Courbes de lumière

10.2.4.1 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 10.8 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.

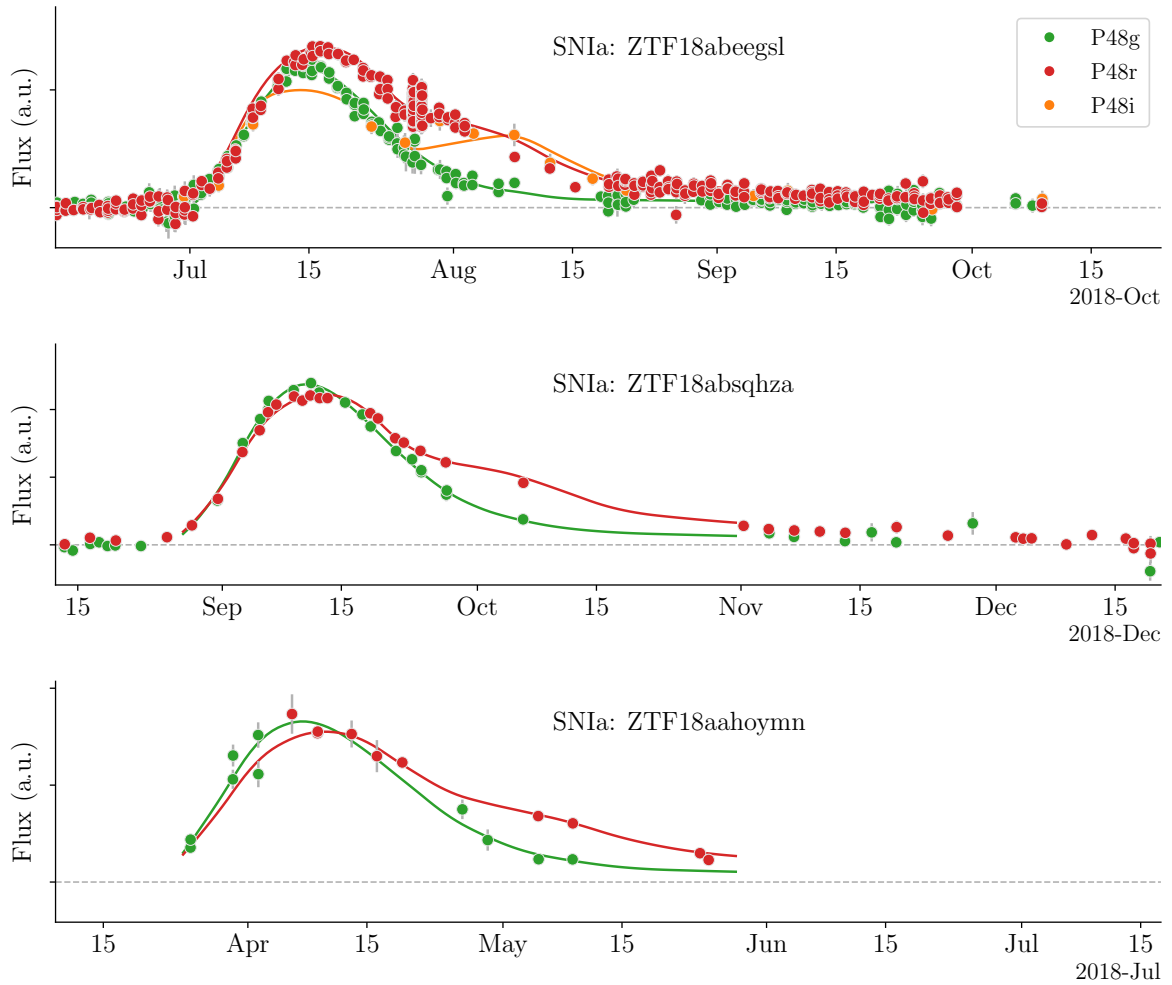


FIGURE 10.8 – Exemples de courbe de lumière de SNeIa du *golden sample* de la DR2. Nous montrons également l'ajustement SALT2 correspondant. Le code couleur réfère à la bande de ZTF considérée. De *haut en bas* : Un cas extrême de très haute cadence avec plusieurs centaines de points, un cas typique avec une dizaine (quinzaine) de points avant (après) le maximum, et un cas limite pour intégrer l'échantillon.

La distribution du nombre de points de détection avant et après le maximum est présentée dans la Figure 10.9, 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).

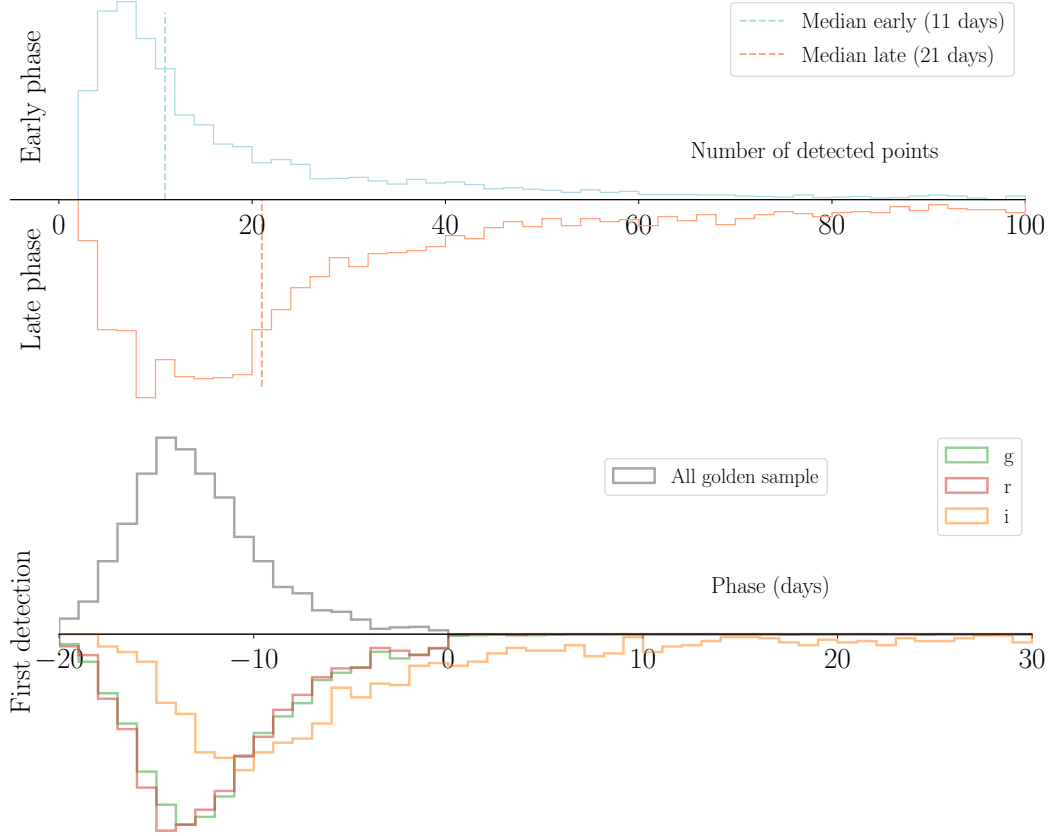


FIGURE 10.9 – *En haut* : distribution du nombre de points de détection photométrique (toutes bandes confondues) avant et après le maximum de luminosité pour les SNeIa du *golden sample* de la DR2. Nous avons typiquement ~ 10 points avant le maximum de luminosité, et ~ 20 points après. *En bas* : distribution 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 10.10, 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 10.11. 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 ajusté par SNID. Nous observons que la qualité des spectres, tout instrument confondu,

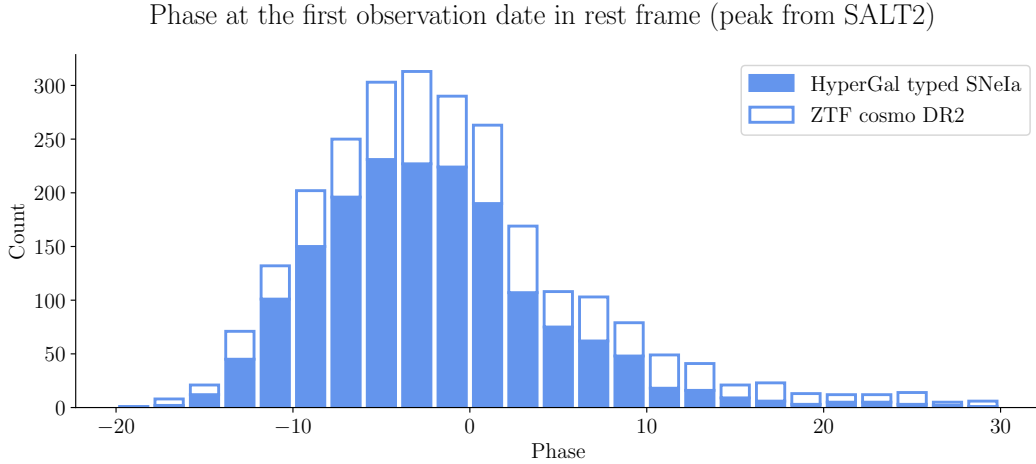


FIGURE 10.10 – Distribution de phase de la première acquisition spectrale des SNeIa de la DR2. La partie bleue pleine de la distribution indique la proportion de spectre extraite par la SEDm, et a fortiori HYPERGAL, comme toute première extraction spectrale.

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.

10.2.4.2 *Stretch* et couleur

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

Nous commençons par illustrer dans la Figure 10.12 la corrélation de chacun de ces deux paramètres avec le redshift, en considérant le *golden sample* dans son ensemble. Une évolution est 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). Cela est dû aux effets que nous avons introduit au chapitre ?? : le *slower-brighter* et le *bluer-brighter*. En d’autres termes, les SNeIa avec un bas *stretch* ou rouges sont moins lumineuses, et donc plus difficilement détectables.

La bande grise indique à nouveau la profondeur en redshift du volume limité ($z < 0.06$), et l’absence de corrélation aux plus petits z nous conforte sur cette hypothèse d’échantillon exempt 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 prédominance 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, permettant 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 trop se soucier¹ d’effets de sélection pouvant affecter la dérivation des paramètres cosmologiques (?).

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

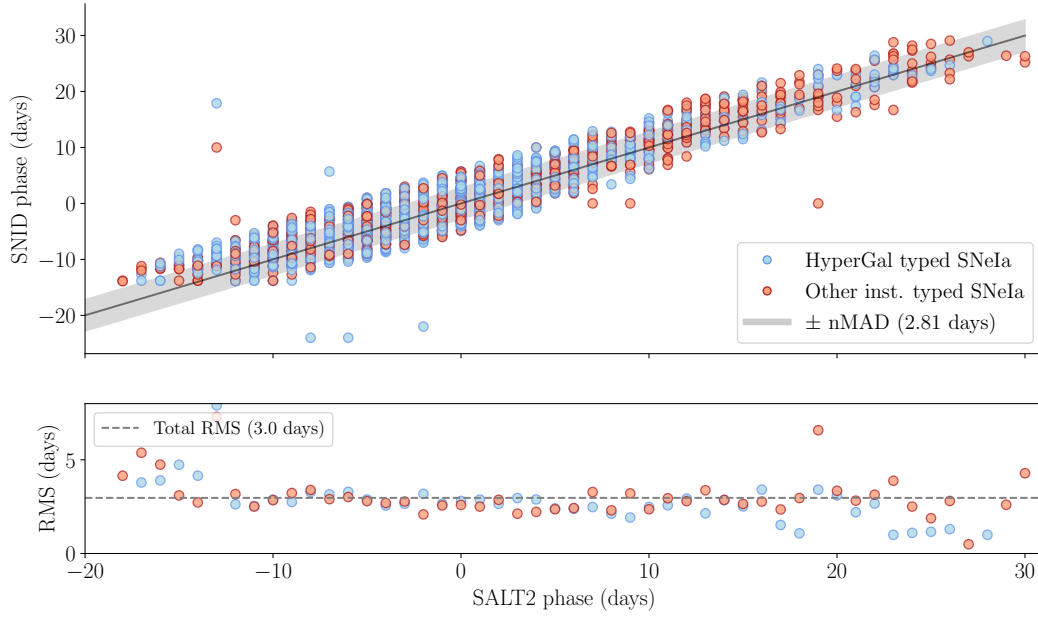


FIGURE 10.11 – *En haut* : corrélation entre les phases SNID et les phases SALT2 du *golden sample* de la DR2 de ZTF. Nous indiquons en noir la fonction identité et le nMAD comme estimateur de la déviation standard. En bas nous montrons le RMS par intervalle (1 jour) de phase déterminé avec SALT2, sachant la date d’acquisition spectrale.

En supposant que ce sous-échantillon est effectivement libre de fonction de sélection, alors l’étude des paramètres des courbes de lumière nous offre 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 (?).

Nous présentons les corrélations *stretch*/couleur de l’échantillon à volume limité dans la Figure 10.13. 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 ?, dont nous présentons l’ajustement sur les données en superposition à l’idéogramme.

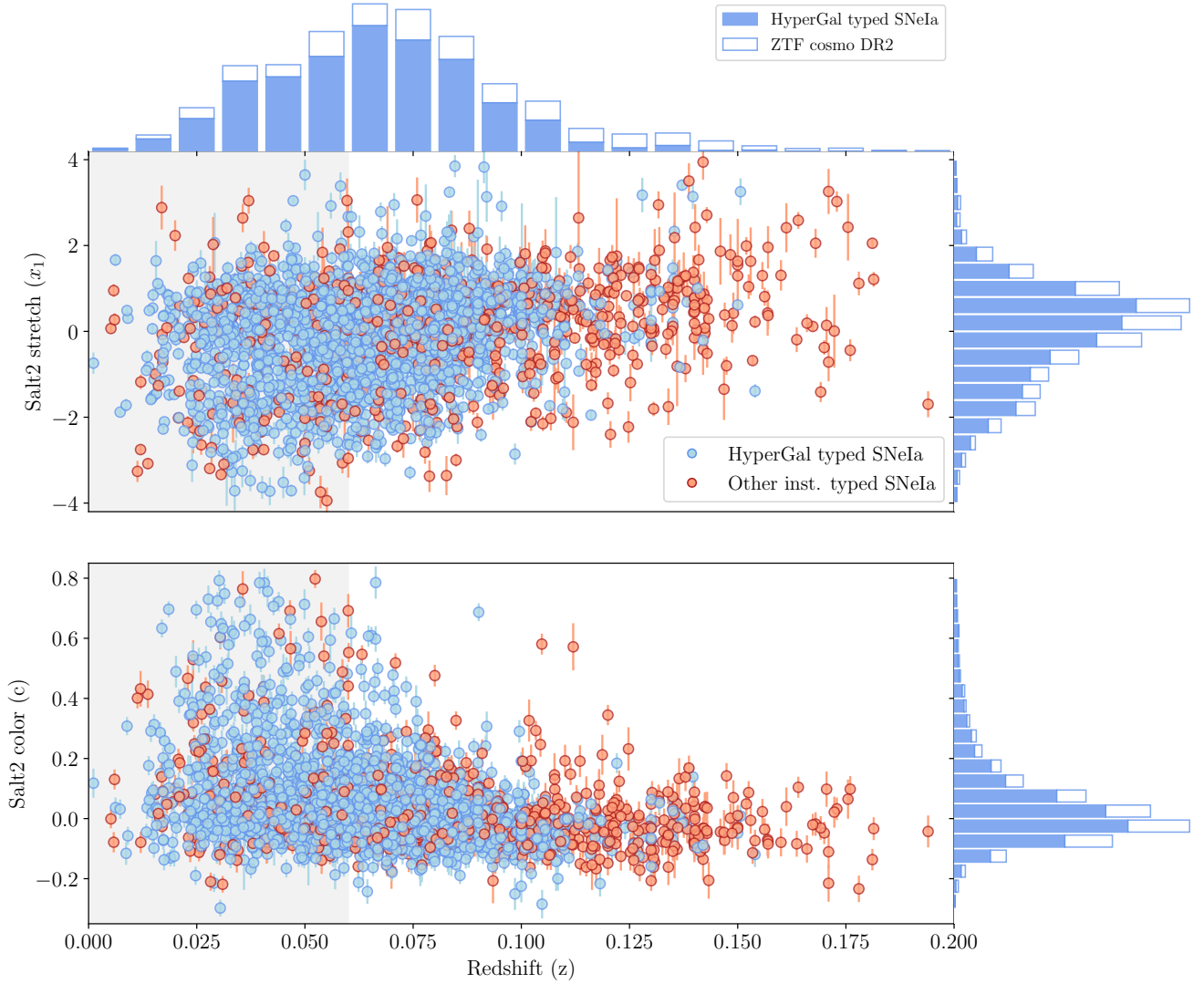


FIGURE 10.12 – Paramètres SALT2 de stretch x_1 (*en bas*) et couleur c (*en haut*) pour la DR2 de ZTF. Seules les SNeIa du *golden sample* sont considérées. La bande grise indique le volume limité à $z < 0.06$. Les points bleus (histogrammes bleus) correspondent aux SNeIa ayant été classifiées suite à une extraction spectrale avec la SEDm. Les points rouges (histogrammes blancs) correspondent aux SNeIa classifiées par un autre instrument. Nous voyons clairement la prédominance 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.

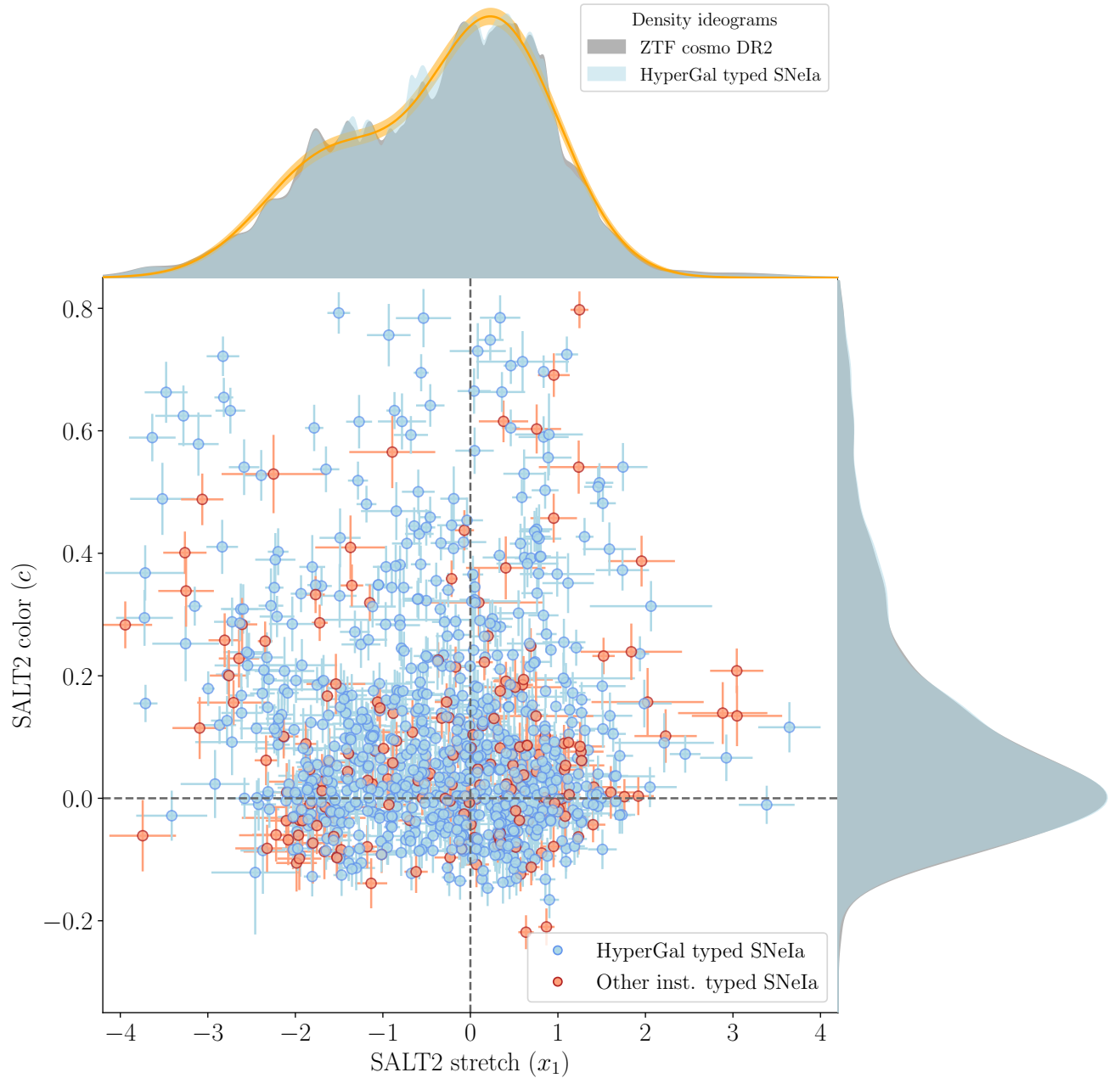


FIGURE 10.13 – Correlation entre les paramètres SALT2 de *stretch* et couleur pour le *golden sample* de la DR2 de ZTF. Ici seules les SNeIa du volume limité à $z < 0.06$ sont considérées. Les points bleus correspondent aux SNeIa ayant été classifiées suite à une extraction spectrale avec la SEDm. Les points rouges correspondent aux SNeIa 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 la capacité de la SEDm à représenter la population de SNeIa dans ce volume limité. La courbe orange correspond au modèle bi-modal redshift dépendant de ?.

Conclusion

La DR2 de ZTF est composée de près de 3800 SNeIa, dont ~ 2900 remplissent les critères de qualité cosmologique, ce qui correspond au plus large échantillon de SNeIa jamais publié. 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 (2015/2510). Cela témoigne clairement du rôle cruciale de la SEDm dans l'utilisation des SNeIa comme sonde cosmologique.

L'étude des paramètres des courbes de lumières et de la distribution en redshift des SNeIa du *golden sample* de la DR2 permettent de définir 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% (869/1077) 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 ≈ 2900 SNeIa à plus de 5000 SNeIa, toutes classifiées spectralement et dans les mêmes proportions qu'actuellement par HYPERGAL, et remplissant les critères de qualité pour la dérivations de paramètres cosmologiques.