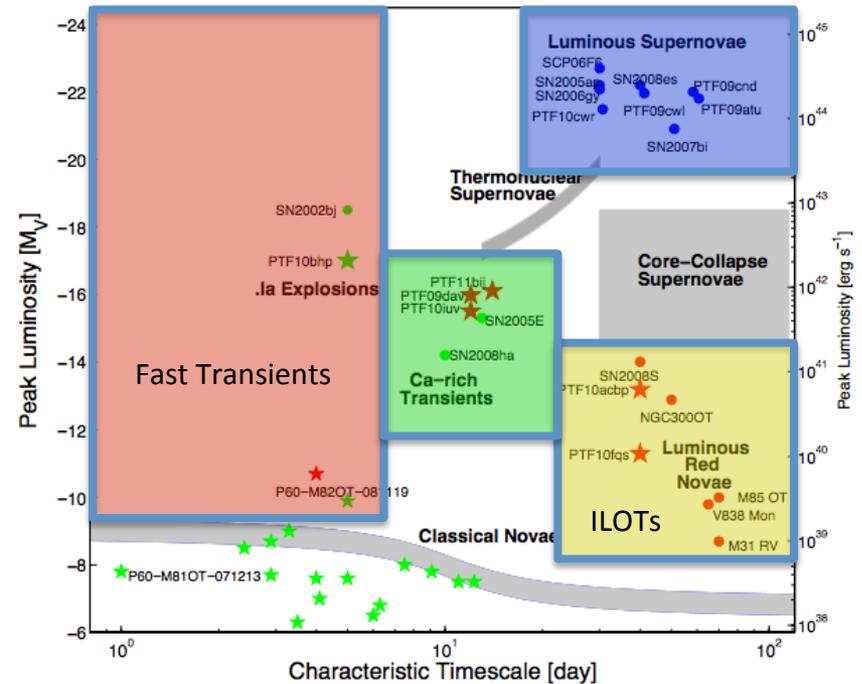


# Studying peculiar supernovae, supernova impostors and stellar mergers with LSST

- Supernovae Super-luminose (sostenute da un magnetar, pulsational pair-instability, pair production, SNe luminose interagenti con il CSM);
- “Failed” supernovae (direct BH collapse);
- Transienti ricchi di Ca (e supernovae stripped-envelope caratterizzate da tempi evolutivi rapidi);
- In generale siamo interessati a tutti i transienti con tempi evolutivi rapidi;
- ILOTs: electron-capture SNe da stelle super-AGB;
- ILOTs: impostori di SNe e il loro legame con le SNe che interagiscono con il CSM;
- ILOTs: luminous red novae e altri tipi di merger stellari;
- (Transient interacting binaries con stelle compatte).



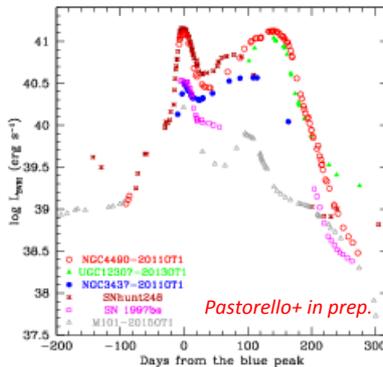
Popolare il diagramma delle fasi  
(Kasliwal, Kulkarni et al.)

# Studying peculiar supernovae, supernova impostors and stellar mergers with LSST

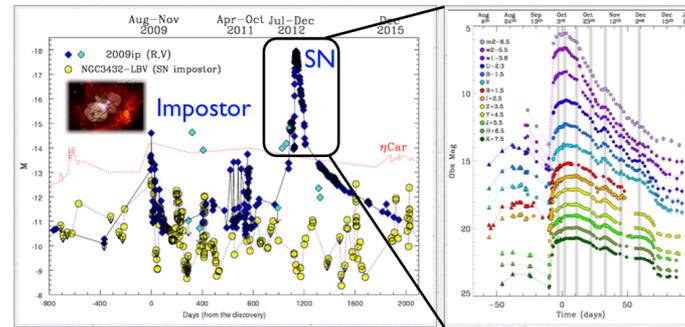
Obiettivo principale: caratterizzare i diversi tipi di esplosioni stellari e stabilire un link con le stelle (o i sistemi stellari) progenitori: rispondere ad alcune domande cruciali

Cosa accade alla stella prima di esplodere come supernova? (instabilità ed eruzioni pre-SN)

Pastorello+ 2007, Nat 449, 1;  
Mason et al. 2010, A&A 516, 108;  
Pastorello+ 2010, MNRAS 408, 181;  
Kankare+ 2015 A&A 581, L4;  
Blagorodnova+ 2017 ApJ 834, 107.



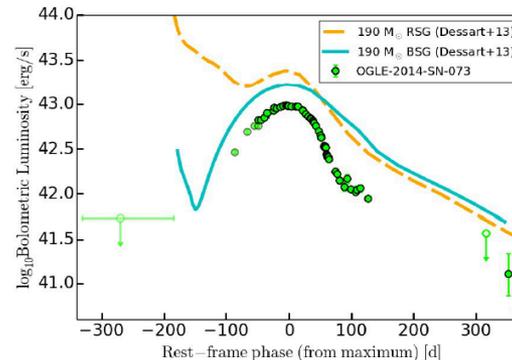
I diversi meccanismi di esplosione delle stelle massive (pair-instability, core-collapse & fall-back, jet-like ejections, esistono le EC-supernove?)



Pastorello+ 2007 Nat 447, 829;  
Pastorello+2013 ApJ 767,1;  
Tartaglia+2016 MNRAS 459;  
1039; Elias-Rosa+ 2016;  
MNRAS, 463, 3894.

Fig. adapted from Pastorello+ 2013 and Margutti et al. 2014 ApJ 780,21

Studiare l'importanza della binarietà nell'evoluzione delle stelle massive e non (eruzioni, coalescenze)



Pumo et al. 2009, ApJ, 2009, 705, L138;  
Pastorello+ 2010 ApJ 724, L16;  
Benetti+ 2014, MNRAS 441, 289;  
Terreran+2017, Nat Astron. Submitted.

# Partecipanti e relative responsabilità/interessi

1. **Andrea Pastorello (OAPd) – team leader.** Responsabilità: gestione di un database incrementale di transienti; coordinamento con le facilities spettroscopiche (per es. SOXS) per la classificazione dei candidati, e fotometriche per supportare le curve di luce fornite da LSST. Interessi: supernove peculiari, “failed” SNe e caratterizzazione degli “intermediate-luminosity optical transients”.
  2. **Elena Mason (OATs) – col (ricercatore giovane).** Responsabilità: Raccolta dati storici di variabili eruttive per il nostro database; osservazioni spettroscopiche ad alta risoluzione (UV/ottico/NIR) e astronomia X. Interessi: luminous red novae e binarie interagenti.
  3. **Nancy Elias-Rosa (OAPd) – col (ricercatore giovane).** Responsabilità: fotometria e spettroscopia di supporto (UV/ottico/NIR). Interessi: progenitori di supernove e ricerca di variabilità antecedente l’esplosione; supernove interagenti.
  4. **Sheng Yang (OAPd) – col (PhD student).** Responsabilità: esperto nella gestione di grandi set di dati e cataloghi fotometrici . Interessi: ricerca di supernove; statistica sulle esplosioni stellari
  5. **Yongzhi Cai (OAPd) – col (PhD student).** Responsabilità: gestione osservazioni UV/ottiche di supporto; analisi dati infrarossi. Interessi: electron-capture SNe; impostori di supernove.
- **Domitilla de Martino (OACn).** Responsabilità: osservazioni multi-domain: alte energie (Gamma-ray, X-ray/UV); spettroscopia ottica e fotometria near-IR. Interessi: Transient interacting binaries con stelle compatte.
  - **Stefano Benetti (OAPd).** Responsabilità: fotometria e spettroscopia di supporto (UV/ottico/NIR); classificazioni di transienti. Interessi: super-luminous SNe; SNe interagenti; SNe la peculiari.
  - **Lina Tomasella (OAPd).** Responsabilità: fotometria e spettroscopia di supporto (UV/ottico/NIR); classificazioni di transienti. Interessi: stripped-envelope SNe deboli.
  - **Massimo Turatto (OAPd).** Responsabilità: coordinamento con facilities radio. Interessi: eruzioni di stelle massive; supernove interagenti.
  - **Enrico Cappellaro (OAPd).** Responsabilità: algoritmi di selezione/classificazione fotometrica dei transienti; grandi data set. Interessi: statistica esplosioni stellari; failed supernove.

## Connessioni con osservazioni di altre *facilities*

Lo studio dei transienti rari scoperti/seguiti da LSST richiederà un approccio “multi-messenger”, e quindi l’ausilio di strumenti che opereranno in un ampio intervallo di frequenze.

1. Dominio delle alte energie: Fermi => CTA
  2. Domini X-ray e UV: SWIFT (XRT/UVOT), XMM-Newton => Athena... – casi scientifici: binarie interagenti, supernove interagenti, shock break-out, supernove super-luminose
  3. OTTICO: fotometria di supporto con strumenti della classe dei 1-4m (per es. 1.82m/AFOSC; NOT/ALFOSC/NTE); spettroscopia di oggetti importanti con NTT/SOXS; GTC/OSIRIS; VLT/XSHOOTER. Per oggetti Galattici brillanti, TNG/GIARPS e VLT/UVES. Con lo Schmidt 67/92 cm robotizzato di Asiago: curve di luce di templates vicini; fase preparatoria.
  4. IR: NIR spettrofotometria di supporto per oggetti brillanti e/o arrossati NOT/NOTCam, NTT/SOFI, TNG/NICS, Spitzer (IRAC/MIPS) => NTE/SOXS/XSHOOTER; Euclid, JWST
  5. Radio: => SKA
- Accesso agli archivi dati raw (antecedenti alla scoperta del transiente) per studio dei progenitori (es. HST, Spitzer);
  - Necessità di un archivio dati incrementale per confronti e per tracciare la storia di variabilità antecedente (**work in progress, man power needed!**)



# Tipo di analisi dati prevista/necessaria, inclusa di sviluppo e cadenza temporale

Le strategie osservative e le richieste sono diversificate e dipendono dalla tipologia del transiente; a grandi linee possono così essere riassunte:

- Eruzioni giganti di LBV e/o variabilità S-Dor si sviluppano su tempi scale di anni/decenni: monitoraggio rilassato delle curve di luce (probabilmente LSST è sufficiente), dati ottenuti **senza sottrazione dell'immagine template** e classificazione spettroscopica. Domini di interesse: dall'ottico al radio.
- Singoli outburst di stelle massive, merger stellari e supernove deboli: monitoraggio multibanda della durata di 1-4 mesi, ad elevata cadenza (essenziale la disponibilità di altri telescopi); follow-up spettroscopico (~10-15 spettri) che copra le diverse fasi dell'evoluzione. Domini di interesse: dall'UV al mid-IR.
- SNe super-luminose e SNe interagenti con il mezzo circumstellare: monitoraggio fotometrico multi-banda della durata di 6-12 mesi (eccezionalmente qualche anno), a bassa cadenza. Copertura spettroscopica: 1 spettro ogni mese. Domini di interesse: dall'X al vicino IR.
- "Failed" SNe: qui dobbiamo trovare stelle che scompaiono. Si utilizzeranno **immagini "stacked" stagionali** – I cataloghi non servono; avremo bisogno delle immagini per un campione ridotto di targets vicini. E' utile disponibilità di archivi di immagini ottiche e IR.
- Transient interacting binaries con stelle compatte: le differenti strategie di survey, integrate con monitoraggi di supporto durante gli outburst consentiranno il follow-up "high cadence" di un campione di outburst (dwarf novae, novae), mentre lo scanning rilassato della survey principale (WFD) consentirà il controllo delle XRB. Domini di interesse: dai raggi gamma al vicino IR.

**Nella maggior parte dei casi, sarà essenziale tener traccia della storia di variabilità e (per quanto riguarda i dati LSST) sarà sufficiente aver accesso ai cataloghi.**