

Leica ScanStation

White paper



Luglio 2015

Gregory Walsh Ph.D.
Leica Geosystems AG
Heerbrugg, Svizzera



- when it has to be **right**



HDR per le ScanStation Leica Serie-P

Gregory Walsh, Ph.D.

1. Premessa

Per gli scanner Leica Geosystems serie-P, è supportata la modalità High Dynamic Range (HDR) per le immagini, sia negli strumenti, sia nella post-elaborazione in Leica Cyclone. La modalità High Dynamic Range comporta, nello strumento, l'acquisizione di immagini aggiuntive e, nel software, richiede l'operazione di "tone mapping" per la completa visualizzazione dell'immagine. Gli algoritmi di tone mapping non utilizzano solamente le informazioni delle immagini, ma anche i parametri di calibrazione dello scanner insieme al dato della scansione, acquisito sulla scena, per combinare al meglio ed automaticamente tutte le foto eseguite in campagna. Perciò, la modalità HDR non solo migliora l'acquisizione del dato nello strumento, ma permette anche di visualizzare diversamente l'assemblaggio delle immagini in Cyclone.



2. Immagini in High Dynamic Range (HDR)

La definizione di High Dynamic Range (vedi [1] per l'indice) per le immagini viene spesso associata a più concetti, essendo un argomento noto al mondo della fotografia sin dalla sua nascita, da più di cento anni. I pionieri della fotografia hanno da sempre avuto a che fare con il range dinamico limitato o con il contrasto delle proprie macchine fotografiche e pellicole. Così hanno sviluppato tecniche di combinazione di due o più immagini a basso range dinamico per ottenere una singola immagine con un range dinamico migliore (Figura 2). Queste tecniche, dispendiose in termini di tempo, si avvicinavano allo standard oro, impostato dall'occhio umano.



Figura 1: Assemblaggio dell'immagine in Tone Map dalla Scanstation Leica P40, mostrata come proiezione equirettangolare.

Sebbene il metodo di acquisizione delle immagini si sia evoluto, il concetto alla base è rimasto invariato - anche oggi; la fotografia HDR, tolte rare eccezioni, implica l'acquisizione di immagini a basso range dinamico e le combina insieme. Anche i sofisticati sensori di una fotocamera HDR hanno i pixel dell'immagine all'interno dei pixel dell'immagine, catturando due immagini diverse per la successiva combinazione (Figura 3). Ci sono più tecniche di acquisizione delle informazioni in High Dynamic Range, per esempio, qualche sensore digitale possiede un segnale sufficientemente alto di rilevamento del rumore che una singola immagine può avvicinarsi all'occhio. Ciò che fanno gli scanner della serie-P è proprio il processo di acquisizione di una serie di immagini a basso range dinamico e di combinarle insieme.

Non importa come siano raccolte le misure per le immagini in High Dynamic Range, la tecnologia di visualizzazione, per esempio lo schermo del computer, tipicamente non corrisponde al range di chiaro e scuro presente in natura, che possa essere percepito dall'occhio. Per questa ragione, l'integrazione dell'HDR nella scansione include non solo miglioramenti in fase di acquisizione, ma anche nuovi modi di mappare la vasta gamma di intensità luminose ad un range visibile. Il processo di conversione di un'immagine in High Dynamic Range in una che può essere visualizzata in basso range dinamico è chiamato Tone Mapping. Poiché i monitor oggi in commercio sono solitamente limitati ai 24 bit per pixel per i colori (8 bit per canale di colore) o meno, Leica Cyclone include un algoritmo di "Tone Mapping" di default.

L'acquisizione delle immagini in HDR con gli scanner si pratica ormai dal 2009 [4]. Tecnicamente, l'impostazione full dome per le immagini acquisite da scanner Leica ScanStation, dal 2004 con l'arrivo dell'HDS3000, è in High Dynamic Range, in quanto sono composte da molte immagini con esposizioni variabili ed una considerevole percentuale di sovrapposizione. Negli anni sono stati introdotti in Leica Cyclone vari metodi per la visualizzazione di queste informazioni sull'ampio range dinamico (Tone mapping, in varie forme), come ad esempio la funzione Blend Multi-Images uscita nel 2012, che equalizza le zone di transizione tra le immagini. Gli scanner della serie-P, tuttavia, sono i primi ad offrire la modalità HDR integrata con l'assemblaggio dell'immagine e con il processo di tone mapping in Cyclone, con l'obiettivo di ridurre notevolmente gli aloni.



Figura 2: Gustave Le Gray Immagini in HDR dal 1850[2].

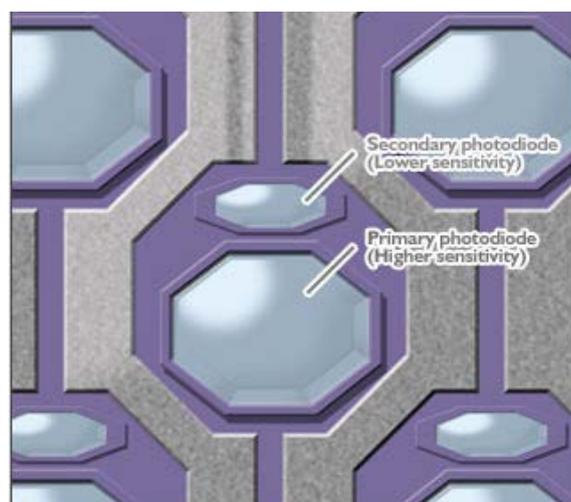


Figura 3: Esempio Immagini HDR: Fuji SuperCCD high dynamic range image sensor [3].

3. Immagini in HDR negli Scanner Leica ScanStation Serie-P

Gli scanner della serie-P sono dotati di fotocamera interna calibrata in sede, impiegata per l'acquisizione di immagini in HDR. La calibrazione identifica sia come la fotocamera viene montata nello scanner, sia le caratteristiche delle lenti all'interno dello schema di incertezza Bayer. Internamente allo scanner, la fotocamera (come molte telecamere a colori) è composta da una serie di blocchi di singoli sensori dai diversi colori. Lo scanner presenta blocchi di sensori dai diversi colori di 2x2 pixel, chiamato schema di Bayer; questi blocchi costituiscono un target di incertezza per la calibrazione della fotocamera. A questo alto livello di prestazioni ogni scanner, fotocamera e lente risultano unici nel proprio genere e, quindi, poter soddisfare questo standard di qualità richiede che ogni scanner prodotto da Leica Geosystems sia calibrato individualmente. Completata la calibrazione, questi parametri vengono memorizzati internamente dallo strumento e sono utilizzati dallo strumento stesso e da Cyclone per collocare correttamente i pixel delle immagini in relazione ad ogni scansione effettuata.

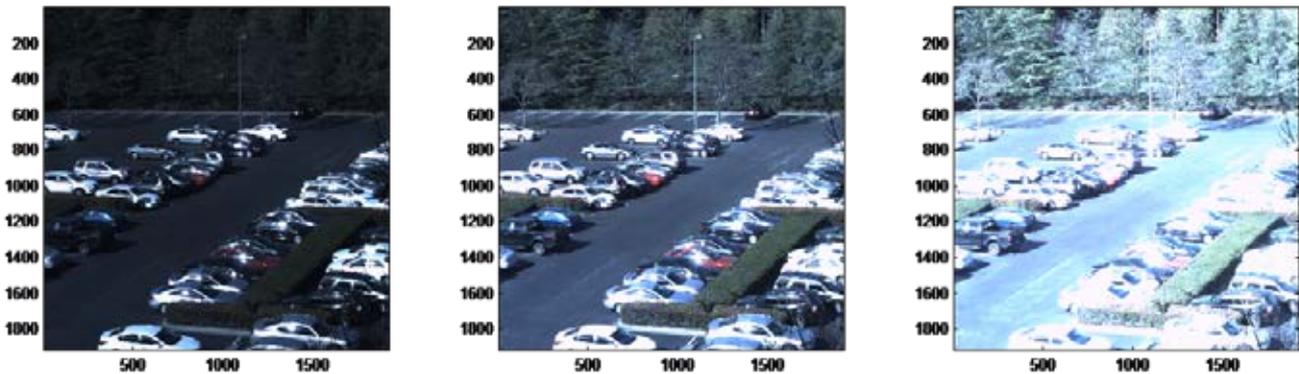


Figura 4: Raccolta di immagini multiple di uno scanner ScanStation Leica per survey (rilievo topografico).

La fotografia in HDR consiste nell'acquistare immagini multiple a diverse esposizioni e nel fonderle insieme in una singola immagine, con un range dinamico più ampio - cioè, acquisire dettagli sia nelle zone in ombra, sia nelle zone ben illuminate. Più sono le immagini scattate, maggiore è il range dinamico ottenuto, ma cresce anche il tempo richiesto per l'acquisizione.

La modalità HDR della serie-P è un compromesso tra tempo di acquisizione e range dinamico risultante dell'immagine, testato su un gran numero di scenari di scansione.

Come si nota in Figura 4, l'acquisizione di una immagine HDR da scanner è simile a quella da fotocamera digitale standard, con alcune importanti eccezioni - in primo luogo, l'elaborazione dell'immagine HDR sullo scanner comporterà non solo l'assemblaggio di immagini che puntano allo stesso obiettivo, la nozione comune di HDR, ma anche il montaggio di molte di queste immagini combinate in cui, ciascuna

delle combinazioni, punta in direzioni diverse, o "stitching" (cucitura). Lo stitching dell'immagine utilizzato nella fotografia panoramica, come viene di solito eseguita, è fuori questione per un prodotto di prima scelta come lo scanner Leica serie-P, perché le posizioni dei pixel non dovrebbero essere spostate per far sì che le immagini siano visualizzate correttamente - la cucitura deve avere una base di misura ed essere corretta.

Poiché gli scanner della serie-P sono prima di tutto strumenti topografici, la fotocamera interna è progettata per supportare acquisizione del target a lunga distanza. L'orientamento guida la calibrazione - un utente deve essere in grado di scegliere con precisione un target da video, a distanze dell'ordine di 100 metri. La conseguenza, però, è che il campo visivo di ogni immagine della fotocamera è relativamente piccolo, abbinato ad una risoluzione elevata dell'immagine. Ciò implica un set di immagini full dome che include un gran numero (274) di immagini. In modalità HDR, il numero delle immagini viene semplicemente moltiplicato. Questa sfida viene gestita combinando le immagini a diversa esposizione sullo scanner, durante il processo di acquisizione.

Sia prendendo set di immagini full dome o set di immagini in HDR, il numero di immagini salvate dallo scanner rimane lo stesso. Quando la modalità HDR è attiva su scanner della serie-P, lo scanner acquisisce per ogni posizione più immagini di quante ne siano necessarie. Queste sono poi combinate e salvate in formato JPEG XR o JPEG a range esteso. Questo formato, fornito da Microsoft e disponibile per versioni recenti di Windows, mantiene l'informazione di high dynamic range in un file di dimensioni paragonabili a qualsiasi file di immagine JPEG standard. Sono stati considerati molti formati di immagine HDR per gli scanner della serie-P, ma il JXR rappresentava il miglior compromesso tra dimensioni del file ed affidabilità. Quindi, un set di immagini full dome in HDR si traduce in 274 immagini in JXR; un set di immagini full dome impostato nella modalità standard si traduce in 274 immagini in JPEG.

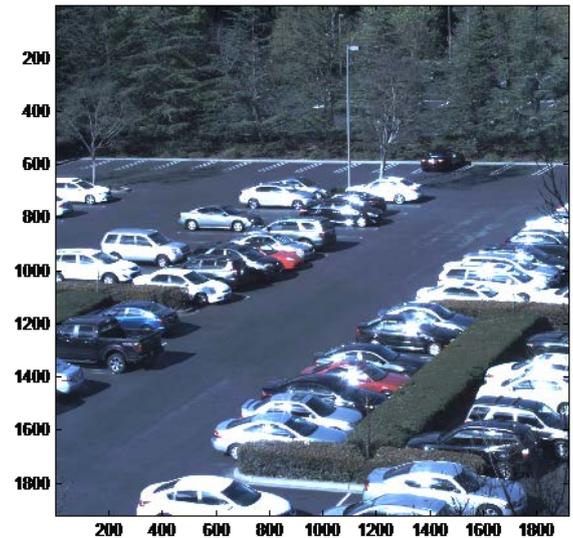


Figura 5: Immagine in HDR in formato Microsoft® HD-photo, etichettato con estensione JXR. L'immagine è mappata linearmente per poter essere visualizzata in figura.

4. Immagini in HDR in Leica Cyclone

Dal punto di vista dell'importazione, i dataset delle immagini normali sono molto simili a quelli delle immagini in HDR. Quando le immagini in JXR sono nella posizione delle immagini in JPEG, comunque, Leica Cyclone converte tutte le immagini in HDR ed applica successivamente un algoritmo di tone mapping per produrre la multi-image. Questa ulteriore elaborazione comprende il blending (fusione) e l'accostamento delle immagini, inoltre richiede la presenza di dati da scansione e minuti aggiuntivi in fase di importazione. Il

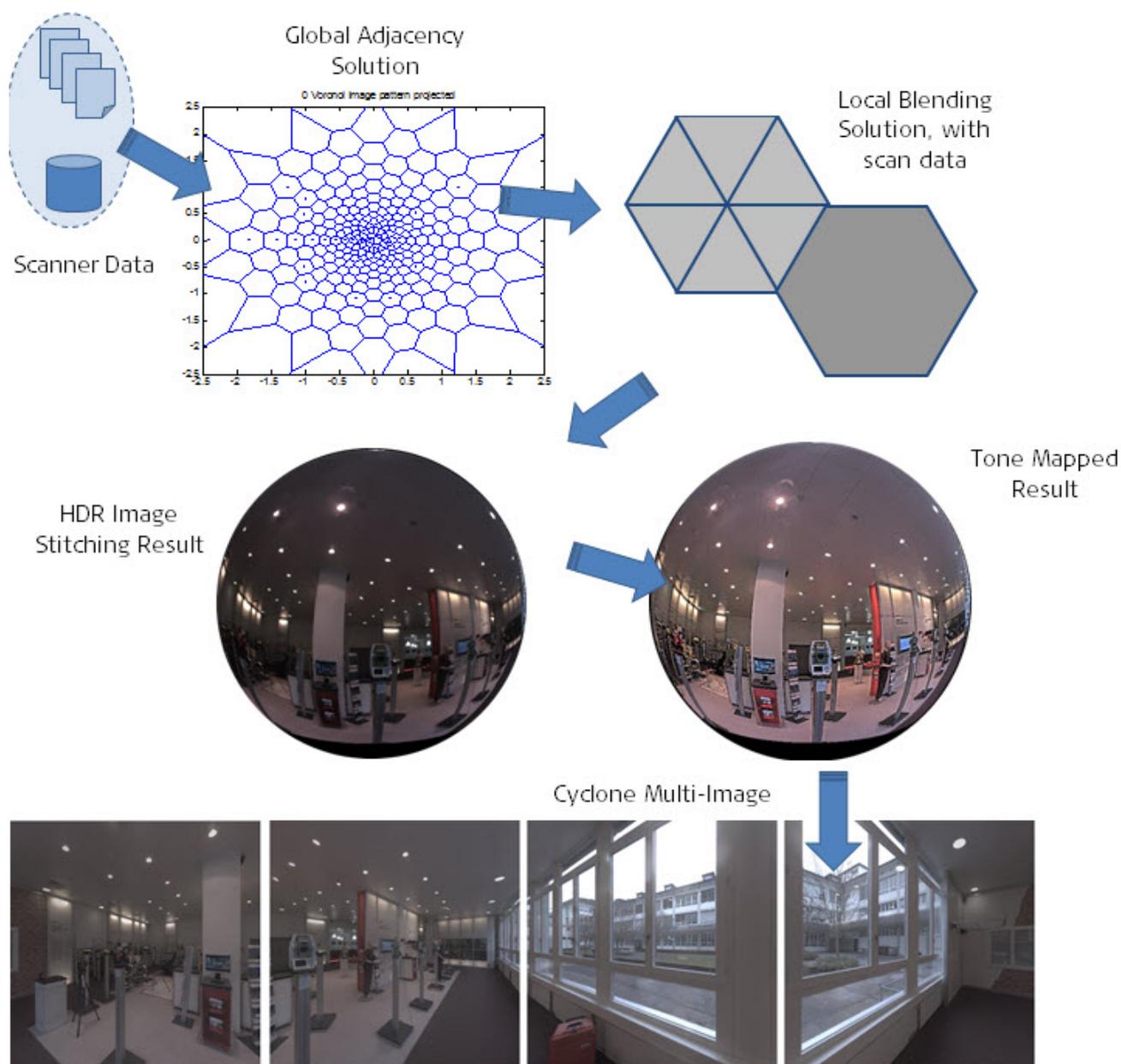


Figura 6: Importazione delle immagini in Leica Cyclone, con lo Showroom Leica Geosystems come dataset di esempio, a risoluzione predefinita. Alta risoluzione (96 megapixel) disponibile.

risultato è un set di immagini in mappa cubica, allineato alla scansione. Gli step del processo sono mostrati in Figura 6.

Senza il dato di scansione, Leica Cyclone convertirà le immagini in JXR in immagini in JPG ed elaborerà il dataset come un normale set di immagini a basso range dinamico. Questa scorciatoia a basso range dinamico (LDR) può essere selezionata in Cyclone anche quando la scansione è stata acquisita tramite le preferenze di import. Le preferenze includono, inoltre, la possibilità di incrementare la risoluzione della multi-image della mappa cubica HDR, con un certo impatto sul tempo di elaborazione.

Quando le immagini vengono importate in Leica Cyclone, per prima cosa il software gestisce il loro posizionamento relativo. Costruisce una rete di immagini tramite la proiezione delle normali alle immagini su un piano (utilizzando la sfera di Riemann) ed approfittando del fatto che la fotocamera non può essere puntato verso il basso. Si proietta sulla sfera un diagramma di Voronoi a celle, formando triangoli e spigoli che vengono utilizzati in seguito nel processo di stitching (cucitura) e nella fusione con i dati di scansione.

La calibrazione (di fabbrica) ed i dati di scansione sono utilizzati da Leica Cyclone per assemblare l'immagine panoramica invece di eseguire rilevazione ed associazione delle caratteristiche come avviene normalmente. Questo perché con la fotocamera interna sappiamo in anticipo le posizioni della fotocamera e le distorsioni delle lenti con un grado di incertezza noto, a differenza del tradizionale assemblaggio dell'immagine panoramica. Per l'unione, abbiamo in più anche il dato di scansione, utile per selezionare correttamente i pixel dell'immagine originale. In questo modo, l'allineamento tra panoramica HDR e dato di scansione viene mantenuto con un livello di precisione da fabbrica.

I processi di stitching (cucitura), unione e tone mapping, integrati in Cyclone 9, sono necessari per l'utilizzo delle immagini in HDR acquisite dallo scanner. L'applicazione del tone mapping su ciascuna delle singole immagini produce un risultato non accettabile - molto spesso si creano zone di chiaro/scuro di grandi dimensioni che comprendono più immagini e possono essere identificate correttamente solo su un insieme di immagini pulito. Per questo motivo Leica Cyclone prima assembla una panoramica in HDR per preservare le informazioni del range dinamico, acquisite in ciascuna posizione dell'immagine, e conserva la panoramica HDR internamente. La panoramica HDR può essere mappata correttamente ad una panoramica da visualizzare.

5. Riepilogo

Gli scanner Leica ScanStation serie-P insieme a Leica Cyclone 9 supportano l'acquisizione dell'immagine e la modalità di elaborazione in HDR. Questa nuova modalità prevede che lo scanner acquisisca più immagini per ogni scatto e richiede che siano raccolti dati di scansione corrispondenti. Si raccomanda di raccogliere solo ("target all") l'immagine full dome e la scansione in HDR, con il dato di scansione e le immagini prese a media risoluzione. Cyclone supporta pienamente l'elaborazione dell'immagine tramite lo stitching (cucitura) in HDR delle immagini originali, utilizzando i dati di scansione ed il tone mapping del risultato



Figura 7: Tone Map dell'Atrio della sede Leica Geosystems di San Ramon, California.

in modo che possa essere visualizzato su qualsiasi monitor, così come per colorare la nuvola di punti.

Qualche passaggio chiave sull'elaborazione dell'immagine in HDR con gli scanner Leica ScanStation, serie-P:

- (1) L'elaborazione delle immagini in HDR richiede più tempo a causa di un maggior numero di dati acquisiti (immagini) dallo scanner ed alla loro unione on-board per ridurre tempo e spazio.
- (2) Le immagini in HDR sono archiviate nello scanner in un formato JPEG esteso, o JXR.
- (3) Si raccomanda di acquisire solamente immagini full dome e scansioni con dataset in HDR.
- (4) Immagini e scansioni a media risoluzione producono risultati di buona qualità.
- (5) E' disponibile la modalità di importazione ad alta risoluzione, generando una full dome di 96 Mega-pixel.
- (6) Poiché il dato di scansione viene utilizzato per il processo di stitching delle immagini in Cyclone, le imperfezioni nel dato di scansione risulteranno in imperfezioni nelle immagini.
- (7) Il processo di stitching (cucitura) delle immagini di Leica Cyclone non comporta il rilevamento delle caratteristiche e la comparazione, come per la maggior parte dei pacchetti di assemblaggio dell'immagine panoramica. Gli orientamenti interno ed esterno

della macchina fotografica sono noti a priori e, in aggiunta, i dati di scansione sono disponibili, con conseguente elaborazione dell'immagine ad incertezza controllata.

- [1] Richard Szeliski, 2010. Computer Vision: Algorithms and Applications (Texts in Computer Science). 2011 Edition. Springer.
- [2] Wikipedia contributors. "High-dynamic-range imaging." Wikipedia, The Free Encyclopaedia. Wikipedia, The Free Encyclopaedia, 4 Jul. 2015. Web. 13 Jul. 2015.
- [3] Fuji Super CCD, Web 13 Jul. 2015
<http://mydigitalcamera.us/fuji-super-ccd/>
- [4] Justin Barton, "HDR Photography: Digital Preservation Technologies", CyArk, Web 1 Jan. 2010,
<http://www.cyark.org/education/hdr-photography>

Leica Geosystems - when it has to be right

Rivoluzionando il mondo della misurazione e del rilievo per quasi 200 anni, Leica Geosystems crea soluzioni complete per tutti i professionisti del pianeta. Nota per la qualità dei prodotti e per lo sviluppo di soluzioni innovative, i professionisti di tutti i settori, da aerospaziale e difesa, alla sicurezza, costruzioni e produzione, ripongono la propria fiducia in Leica Geosystems per tutte le loro esigenze. Con strumenti precisi e accurati, un sofisticato software e servizi affidabili, Leica Geosystems fornisce i valori necessari a definire il futuro.

Leica Geosystems è un marchio di Hexagon Geosystems, fornitore di soluzioni complete di acquisizione della realtà. Con una forte attenzione alle tecnologie di acquisizione, misura, e visualizzazione dei dati, i prodotti e le soluzioni Hexagon Geosystems creano mondi digitali altamente realistici.

Leica Geosystems è parte di Hexagon (Nasdaq Stoccolma: HEXA B; hexagon.com), leader mondiale nella fornitura di tecnologie informatiche che guidano il miglioramento della qualità e produttività tra applicazioni aziendali geo-spaziali e industriali.

Illustrazioni, descrizioni e specifiche tecniche non sono vincolanti. Tutti i diritti sono riservati.
Stampato in Svizzera - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Svizzera, 2015.
07.15 - INT