

Enrico Fabbri completes his remarks on the design, calculation and construction of large Ferris wheels

# DESIGN DETAILS THAT HAVE AN IMPACT ON THE SAFETY OF LARGE STRUCTURES

## PART 2

by Enrico Fabbri

### SPOKES AND RING BEAM

Even if the spokes and ring beam are quite simple parts to construct during production, they are nonetheless sensitive elements. The most important elements that are often neglected are the tension system that fastens the spokes together. On a large wheel there are significant wind forces (as already mentioned in Part 1), which cause repeated small movements (vibrations) that in turn affect the durability of these components. Consequently, it is worth oversizing these parts, designing them in a way that the forces can be suitably transferred and paying the utmost attention to the welding.

On the entire structure of the spokes there must be no part where water can accumulate, so as to prevent rust from forming. These aspects are important above all on the tension fixing system and the lighting.



Fabbri Rides



◀ The Hong Kong Observation Wheel and a close-up of some bolted joints.



◀ La ruota panoramica Hong Kong Observation Wheel e il dettaglio di alcuni giunti bullonati.

Enrico Fabbri completa il suo intervento sul tema della progettazione, calcolo e realizzazione delle ruote panoramiche di grandi dimensioni

## I DETTAGLI PROGETTUALI CHE INCIDONO SULLA SICUREZZA DI GRANDI STRUTTURE

### PARTE 2

di Enrico Fabbri

#### BRACCI E ROTAIA

Sebbene bracci e rotaia siano parti abbastanza semplici da eseguire in fase di produzione, rappresentano un elemento sensibile. Gli elementi più importanti che spesso vengono trascurati sono i sistemi di fissaggio dei tiranti che legano i bracci tra loro. In una ruota di grandi dimensioni ci sono notevoli forze dovute al vento (come già scritto nella prima parte dell'articolo), le quali creano piccoli spostamenti ripetuti (vibrazioni) che incidono sulla resistenza nel tempo di questi componenti. È bene quindi sovradimensionare nel modo opportuno questi particolari, progettargli in modo che le forze possano trasmettersi adeguatamente e porre la massima attenzione alla realizzazione delle saldature.

In tutta la struttura dei bracci non si devono lasciare parti che possono raccogliere l'acqua per non favorire la formazione di ruggine nel tempo. Questi aspetti diventano importanti soprattutto nei sistemi di fissaggio dei tiranti e dell'illuminazione.

#### GLI OGGETTI CHE POSSONO CADERE

La prima preoccupazione di qualsiasi operatore di ruote panoramiche è prevenire la caduta di oggetti che possano ferire gli operatori, i passeggeri o il pubblico astante. Quest'aspetto ha una grande importanza sia durante la fase di montaggio che in quelle di utilizzo e manutenzione.

Tutti i componenti che vengono smontati per qualsiasi motivo devono essere muniti di anelli e di catene che ne consentano il fissaggio e ne impediscano la caduta. Non solo piastre e coperchi ma anche spine e viti di qualsiasi dimensione. Non va mai dimenticato infatti che anche un piccolo oggetto che cade da una grande altezza può incidere sulla sicurezza.

Questo vale anche e soprattutto per i sistemi di fissaggio dei sistemi d'illuminazione. Poiché l'illuminazione è solitamente fissata alla parte rotante della ruota, è chiaro che viene anch'essa sollecitata nel tempo e le coppie di sicurezza si possono rompere determinando un rischio elevato di caduta di oggetti. Sappiamo che ci sono stati casi in cui sistemi d'illuminazione si sono staccati dal braccio causando gravi lesioni a persone. Per questo motivo, anche se le norme EN-13814 non lo prevedono esplicitamente, un'analisi dei rischi accurata deve porre attenzione a questi aspetti determinando le soluzioni più idonee.

I sistemi di fissaggio devono quindi essere doppi e indipendenti, in modo da prevenire che la rottura di un componente possa mettere a ri-

## FALLING OBJECTS

The main concern of any Ferris wheel operator is to prevent falling objects that may injure the operators themselves, the passengers or the public nearby. This aspect is important both during assembly and in operation and maintenance.

All components that are dismantled for any reason must be equipped with rings and chains to secure them and prevent them from falling. Not just plates and covers but also pins and bolts of any size. It should never be forgotten in fact that also even a small object falling from a great height can be a risk to safety.

This applies above all to the lighting fixing system. As the lighting is usually fixed to the rotating part of the wheel, clearly this too is subjected to stress over time and the safety pins may break, creating a significant risk of falling objects. We know that there have been cases in which lighting fixtures have detached from the spokes, causing serious injuries. For this reason, even if EN-13814 does not expressly require such, proper risk assessment must also include these aspects, determining the most suitable solutions.

The fixing system must therefore be double and independent, so as to prevent the breakage of a component from becoming a general safety risk.

## CARS

The cars are another important component in terms of safety. We can start by examining the system for securing the cars to the ring beam. The most common solution is a shaft that supports the car, which at the top is connected to the two ring beams of the rotating structure. This shaft must be designed in such a way as to avoid any structural indentations and places where breakages may occur; the process for fixing the bearings must not overly reduce the load resistant section and this must not become fragile due to unsuitable mechanical processing. Not many accidents have ever occurred regarding these components (I can recall just one, in Argentina); nonetheless the new design criteria, until now adopted by only very few manufacturers, recommends the addition of emergency support plates that can sustain the car's shaft even if the main supporting joint breaks. This is a very simple yet effective idea and above all has a minor impact on overall production costs. Let's now look at the access doors to the passenger car or cabin. These should always open towards the inside, or alternatively be built in such a way as to never interfere with any part of the wheel's rotating structure, either when open or during the opening and closing movements. When the doors are closed, they must not be able to be opened by passengers, and they must feature double (redundant) locking. A fault in one of the components of the locking systems must not allow the door to open. For large wheels, it is good practice to also check that any openable panels on the car, even small ones, cannot be accessed by children, so as to prevent the objects from falling out of the windows and causing injuries. In wheels over 100 metres high, some countries also require a defibrillator in the cars in the event of passenger heart attacks, given that the time needed for evacuation may exceed 30 minutes.

## STATION

The design of the station platform is also worthy of attention. When a car arrives at the station and stops, there is a gap between the same car and the platform. If this is too large, passengers may be exposed to risk when embarking/disembarking by stepping between the car and the platform. The design of the gap between these two elements is always a major point of discussion between manufacturers and certifying bodies with regard to local regulations.

schio la sicurezza generale.

## VETTURE

Le vetture sono un componente importante per la sicurezza. Iniziamo quindi dall'esaminare il sistema di fissaggio delle vetture alla rotaia. Quello più comune prevede un albero che sostiene la vettura, il quale nella parte alta è collegato alle due rotaie della parte rotante. La progettazione di quest'albero è molto importante e deve essere eseguita in modo da non presentare particolari intagli strutturali e inviti alla rottura; le lavorazioni necessarie per il fissaggio dei cuscinetti non devono ridurre troppo la sezione resistente e non devono renderla fragile con lavorazioni meccaniche inopportune.

Non si sono presentati molti incidenti relativamente a questa tipologia di componenti (io ne ricordo solo uno in Argentina); tuttavia i nuovi criteri di progettazione, adottati per ora solo da pochissimi costruttori, consigliano di aggiungere delle piastre di sostegno d'emergenza che consentano di sostenere l'albero delle vetture anche in caso di rottura del giunto supporto principale. Si tratta di un'idea molto semplice ma efficace e che oltretutto incide molto poco sui costi di produzione complessivi.

Passiamo ora alle porte di accesso alla vettura o cabina passeggeri. Queste dovrebbero sempre aprirsi verso l'interno, oppure essere costruite in modo da non poter mai interferire con qualsiasi parte della struttura rotante della ruota, sia quando sono aperte che durante il loro movimento di apertura e chiusura. Quando le porte sono chiuse, non devono poter essere aperte dai passeggeri ed i loro sistemi di chiusura devono essere doppi (ridondanti). Un guasto a uno dei componenti dei sistemi di chiusura non deve determinare l'apertura della porta. Per le ruote di grandi dimensioni è anche bene assicurarsi che qualsiasi sportello apribile della vettura, se esiste, sia di piccole dimensioni e non raggiungibile da bambini, in modo da prevenire che possano essere gettati dal finestrino oggetti che, cadendo, potrebbero arrecare lesioni a persone. Nelle ruote che superano i 100 metri, in alcune nazioni viene anche richiesta la presenza nella vettura di un defibrillatore per situazioni di arresto cardiaco di un passeggero, visto che il tempo necessario per l'evacuazione potrebbe superare i 30 minuti.

## STAZIONE

Anche la progettazione della pedana di stazione è un elemento degno di nota. Quando una vettura arriva in stazione e si ferma, si crea uno spazio tra la vettura stessa e il marciapiede della stazione. Se questo è troppo grande, si potrebbe generare un pericolo di caduta nel momento di salita/discendenza dei passeggeri, dato che potrebbero mettere un piede tra la vettura ed il marciapiede. La progettazione dello spazio libero tra questi due elementi è sempre fonte di grandissima discussione tra i costruttori e i certificatori nel rispetto delle leggi locali.

Un altro elemento di rischio è poi lo spazio che esiste tra le vetture: un potenziale passeggero potrebbe inavvertitamente sbagliare la vettura e cadere dal marciapiede. Per questo motivo, sotto alla zona di azione delle vetture vanno previste delle reti anticaduta.

## SISTEMA DI TRASMISSIONE

Analizziamo ora invece qualcosa che il pubbli-

Another source of risk is the space between cars: passengers may accidentally miss the car and fall from the platform. For this reason, safety nets should be placed underneath the area where the cars transit.

### DRIVE SYSTEM

We will now turn our attention to something that the public does not see, yet nonetheless is very important: the drive system and all the electrical systems required to make a Ferris wheel turn.

Each wheel has several motors used to move the rotating structure; these are normally installed on the two sides of the structure. The total number of reduction drives installed must be such as to ensure the system keeps operating even if there are faults on one or two of these. They must also be easy to inspect via work platforms and must be able to be disconnected from the system in a few minutes.

I recall that several years ago a major Ferris wheel in Asia saw a fire break out on the main electrical panel, causing an extended emergency stop. Since that incident, on large wheels it is preferable to install two independent control panels, so that one can still operate correctly even if there is a fire on the other. In addition, all of the main electrical panels must be equipped with temperature sensors, smoke detectors and effective fire-fighting systems.

### EVACUATION SYSTEMS

When something doesn't go as planned, alarms are activated on the wheel and a procedure must commence to evacuate the passengers. The evacuation procedure implemented will depend on the seriousness of the fault. On large wheels, this becomes even more important.

In simple terms, these procedures can be classed as

- \* Routine
- \* Exceptional
- \* Extreme.

The ride must have a sufficient number of sensors to identify correct operation of the critical safety components.

The term 'routine evacuation procedure' refers to faults that are not particularly serious. This category also includes faults that are statistically repetitive. An ordinary power outage is the most recurrent fault on these types of major attractions, accounting I believe for over 30-40% of all faults (the electronic systems, in fact, detect even very short power failures). Other common faults may affect one drive unit or the electronic system that drives it. In these cases, the management system must gradually bring the attraction to a safe stop. This is followed by a check on what happened and a quick temporarily restart to evacuate the passengers.

'Exceptional evacuation procedure' refers to serious faults that generally cannot be fixed by a specialist maintenance operator. The attraction always stops safely, but in order to restart it, even temporarily, a specialist technician needs to work on the ride, meaning it will be out of service for an extended period. This category usually includes multiple faults on drive units or faults on the electrical panel that involve more than one power supply. For these reasons, each drive unit should have its own power supply and control unit that is separate from the others. In this case, the ride can restart temporarily, even if often at lower speed than usual.

'Extreme evacuation procedure', finally, covers events triggered when the fault or faults affect the operation of the entire attraction, even temporarily. For small Ferris wheels, the last-recourse evacuation system is quite simple and exploits the weight of the passengers to push the heavier part downwards due to gravity. As the height of the ride increases, friction in the system prevents the structure from turning to bring the

co non vede, ma che è comunque molto importante: il sistema di trasmissione e tutti gli impianti elettrici necessari per la rotazione di una ruota panoramica.

Ogni ruota ha più motori che servono a muovere la struttura rotante; essi sono normalmente installati ai due lati della struttura. Il numero totale dei gruppi motoriduttori da installare deve essere tale da mantenere il sistema funzionante anche qualora uno o due di essi si guastino. Devono inoltre essere facilmente ispezionabili tramite piattaforme di manutenzione e devono consentire di essere scollegati dal sistema in pochi minuti.

Ricordo che qualche anno fa un'importante ruota panoramica in Asia ebbe un grosso incendio al quadro elettrico principale che determinò un arresto di emergenza piuttosto lungo. Da quell'incidente in poi, tutti noi sappiamo che nelle grandi ruote è preferibile che i quadri elettrici di comando siano due e indipendenti, in modo tale che uno possa funzionare perfettamente anche in caso d'incendio dell'altro. In aggiunta, tutti i quadri elettrici principali devono essere muniti di sensori di temperatura, sensori di fumo e sistemi di anti-incendio efficaci.

### SISTEMI DI EVACUAZIONE

Quando qualcosa non funziona nel modo previsto, si attivano gli allarmi della ruota e quindi deve iniziare una procedura di evacuazione dei passeggeri. A seconda del livello di gravità del guasto occorre prevedere delle appropriate procedure di evacuazione. Nelle ruote di grandi dimensioni la cosa acquista una grande importanza.

Per semplicità, suddivido queste procedure in

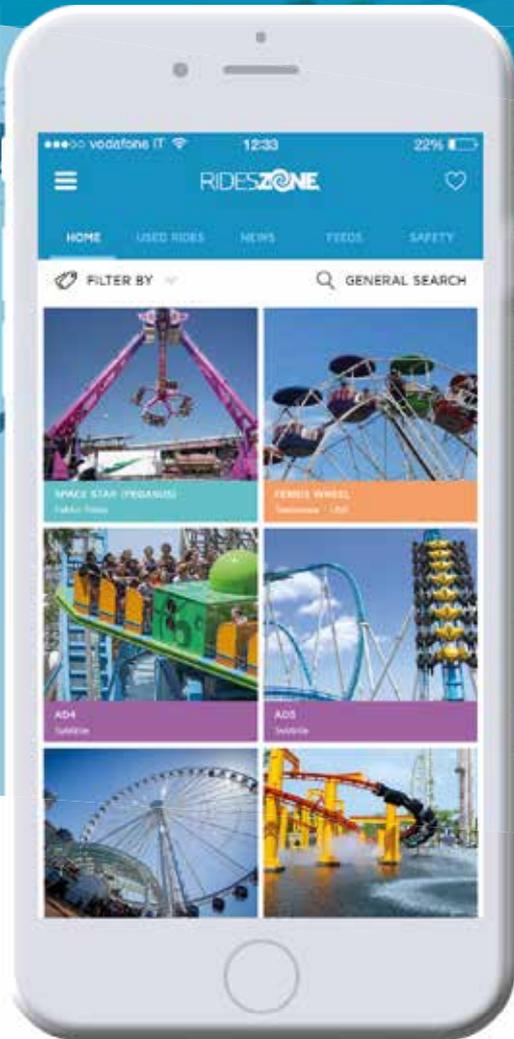
- \* Ordinarie
- \* Straordinarie
- \* Estreme.

L'attrazione deve avere un numero di sensori sufficienti per identificare il corretto funzionamento dei componenti critici per la sicurezza. Con il termine 'procedure di evacuazione ordinarie' s'intendono quelle relative a guasti che non sono particolarmente importanti. In questa categoria rientrano anche quei guasti che sono statisticamente ripetitivi. Un comunissimo black-out è il guasto più ricorrente nelle grandi attrazioni di questo tipo, con un'incidenza che credo possa superare il 30-40% di tutti i guasti (i sistemi elettronici, infatti, rilevano anche le interruzioni brevissime di alimentazione). Altri guasti tipici possono essere quello a un solo gruppo di trasmissione o quello al sistema elettronico che lo alimenta. In questi casi, il sistema di gestione deve consentire l'arresto graduale in sicurezza dell'attrazione, quindi la verifica di quanto successo e la rapida accensione in modalità provvisoria necessaria per evacuare i passeggeri.

Per 'procedure di evacuazione straordinarie' s'intendono quelle relative a guasti importanti che generalmente non si possono risolvere con l'intervento di un manutentore specializzato. L'attrazione si ferma sempre in sicurezza, ma per poterla riavviare anche in modalità provvisoria serve che un tecnico intervenga determinando un prolungato stop della giostra. In questa categoria rientrano, di solito, guasti multipli a gruppi di trasmissione oppure guasti al quadro elettrico che coinvolgono più di un gruppo di alimentazione. Per

# RIDESZONE

THE FIRST B2B APP  
FOR THE AMUSEMENT BUSINESS



AVAILABLE SOON ON



## ARE YOU A MANUFACTURER/SUPPLIER?

- ✔ Advertise your business with pictures, descriptions, and video clips immediately available in the APP.
- ✔ Get your customer contacts directly with the "CONTACT ME" option.

## ARE YOU AN OPERATOR?

- ✔ View all posts related to Used Rides, News, Advertisements and Safety.
- ✔ Use the Directory to find the right manufacturer/supplier to develop your business.
- ✔ Share the posts you like best with the community.

MORE DETAILS ON [WWW.RIDESZONE.INFO](http://WWW.RIDESZONE.INFO)

passenger cars downwards, and consequently other systems must be designed to evacuate passengers.

If you are on a Ferris wheel 150 metres above the ground, which has stopped, and the drive system is not working, how do you get down? Have you ever asked yourself this question? There is in fact an answer. The spokes of the rotating part must be equipped with ladders, passageways and safety hooks to allow professional climbers to reach any of the cars; there must also be a manual emergency door opening system to access the inside of the cars. Similarly to what happens when a mountain cable car stops, the passengers will be harnessed with safety straps and a system of winches controlled manually by experts will allow passengers to descend to a safe position at a lower level. This procedure obviously takes a lot of time, but currently there are no alternatives, and no other valid solutions are available on the market.



↑ *In Ferris wheel design the evacuation systems must also be taken into consideration. Depending on the seriousness of the fault, the evacuation procedure may be routine, exceptional or extreme.*

↑ *È fondamentale che in fase progettuale si considerino anche i sistemi di evacuazione di una ruota panoramica. A seconda della gravità del guasto, ci saranno procedure di evacuazione ordinarie, straordinarie o estreme.*

designed in Japan and manufactured in China, measuring 100 metres high, was dismantled after just two months due to serious problems with the welding. It was then redesigned and rebuilt. Again, serious structural problems were found that led to the demolition of the attraction. Only the third time round, after several years, did they actually succeed; today that wheel is fully operating, albeit it is up for sale due to insufficient passenger numbers.

If this were not enough, I can also recall the case of another major Ferris wheel currently under construction in an Arab country. Installation work has been stopper for a year and it seems that there are serious design problems that may require the part built so far to be demolished.

The secret for the construction of complex designs is to have a good team of specialised professionals, and to verify that the purchaser of the attraction can organise a skilled and trained maintenance team. ■

*enrico@fabbrirides.com*

## CONCLUSIONS

I hope to have covered many of the issues relating to the design, calculation and construction of a large Ferris wheel. If however you are still not convinced, I should remind you that a famous Ferris wheel installed in Australia,

questi motivi è in genere raccomandabile che ogni gruppo di trasmissione abbia il proprio sistema di alimentazione e controllo separato dagli altri. In questo caso l'attrazione ripartirà in modalità provvisoria, anche se spesso ad una velocità inferiore al solito.

Con il termine 'procedure di evacuazione estreme' s'intendono quelle che scattano quando il guasto/i guasti compromettono del tutto l'utilizzo dell'attrazione anche in modalità provvisoria. Per le ruote panoramiche di piccole dimensioni il sistema di evacuazione ultimativo è più semplice e sfrutta il peso dei passeggeri che spinge per gravità la parte più pesante verso il basso. All'aumentare dell'altezza dell'attrazione, gli attriti del sistema impediscono la rotazione della struttura per portare le vetture con i passeggeri verso il basso, quindi occorre studiare un altro sistema per evacuare i passeggeri.

Se quindi siete su una ruota panoramica alta 150 metri, ferma, ed i sistemi di trasmissione non sono utilizzabili, come farete a scendere? Ve lo siete mai chiesti? Ebbene, esiste una risposta. I bracci della parte rotante devono prevedere delle scale, passaggi e ganci di sicurezza per consentire ad un arrampicatore professionale di poter raggiungere una qualsiasi delle vetture; deve anche esserci un sistema manuale di apertura d'emergenza delle porte che consenta l'accesso all'interno delle vetture. A questo punto, un po' come accade quando una funivia di montagna si arresta, i passeggeri saranno imbracati con delle cinture di sicurezza e un sistema di carrucole controllato manualmente da esperti consentirà di far scendere i passeggeri fino ad una posizione di sicurezza a livello inferiore. Il sistema richiederà ovviamente molto tempo, ma ad oggi non c'è alternativa, non essendo presente sul mercato nessun altro sistema valido.

## CONCLUSIONE

Spero di avere dato prova delle tante problematiche legate alla progettazione, calcolo e realizzazione di una ruota panoramica di grandi dimensioni. Se però qualcuno non fosse ancora convinto, desidero ricordargli che una famosa ruota installata in Australia, progettata in Giappone e costruita in Cina, con un'altezza di 100 metri, è stata smontata dopo solo 2 mesi per gravi problemi alle saldature. È stata quindi riprogettata e ricostruita per la seconda volta. Anche la seconda volta si sono constatati gravi problemi strutturali che hanno comportato la demolizione dell'attrazione. È andata bene solo la terza volta, dopo anni; oggi quella ruota è pienamente funzionante anche se però in vendita per scarso afflusso di pubblico.

Se questo non bastasse, segnalo il caso di un'altra importante ruota panoramica attualmente in costruzione nei paesi arabi. I lavori d'installazione sono fermi da un anno e sembra che ci siano gravi problemi di progettazione che potrebbero comportare la demolizione di quanto fatto sino a oggi.

Il segreto per la realizzazione di progetti complessi è avere un buon team di professionisti specializzati ed assicurarsi che chi acquisterà l'attrazione possa organizzare un team di manutenzione attento e preparato. ■

*enrico@fabbrirides.com*