

Test di prodotto

**Università di Ferrara, Facoltà di Ingegneria,
04/12/2014**



Bonfiglioli Riduttori

(Divisione prodotti industriali)

Rodolfo Arigoni

Experimental & Testing Manager

Ferrara, Dicembre 2014

Agenda

- **Presentazione ETD**
 - **Attività**
 - **Strumentazione**
- **Finalità di prova**
 - **Prodotto**
 - **Componente**
- **Tipologia di prova**
 - **Funzionale**
 - **Durata**
- **Metodologia di prova**
 - **Standard**
 - **Accelerata**
 - **Di simulazione**
 - **«on the job»**
- **Indagine vibrazionale**
 - **Esempi**
 - **applicazioni**
- **L'Università di Ferrara e Bonfiglioli**

Industrial Solutions

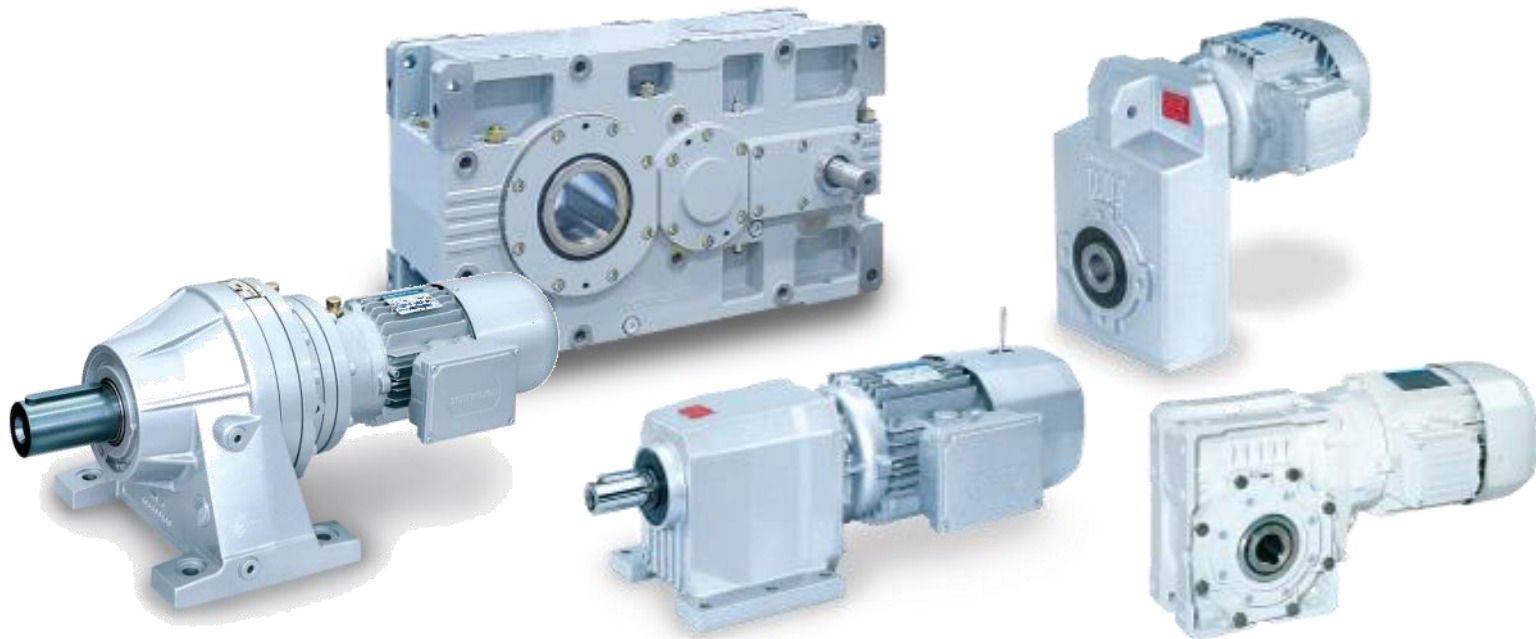
Mechatronics Drives & Solutions

Power Transmission Solutions



Gearmotors for industrial applications

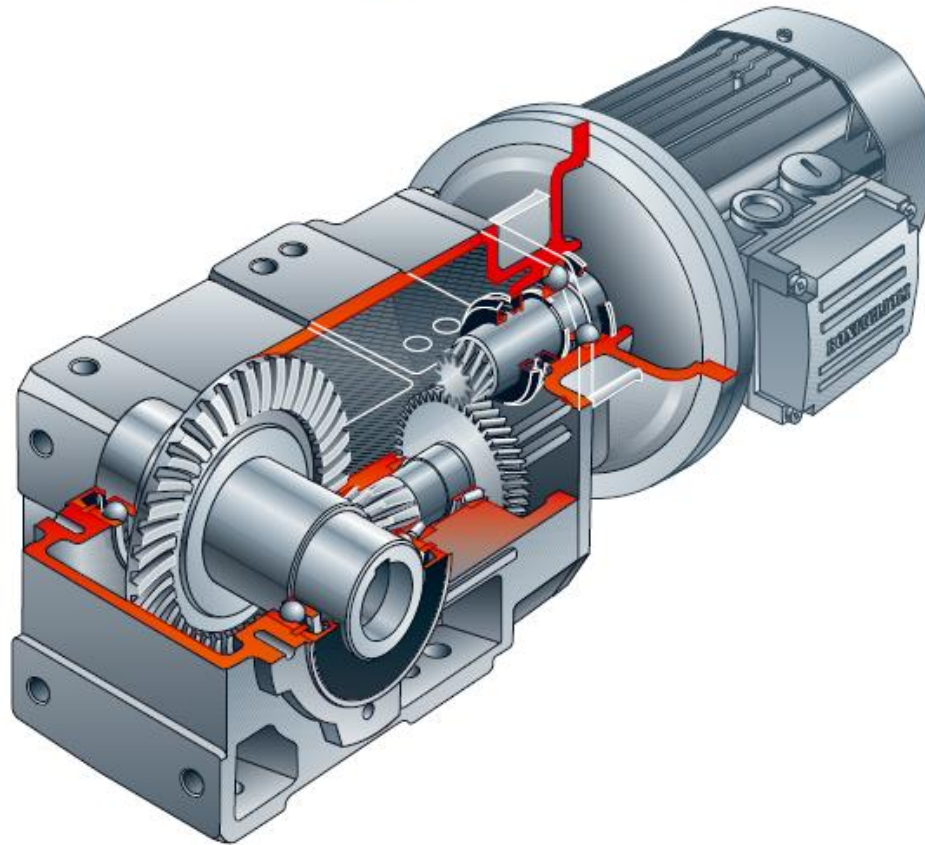
- In-line helical gearmotors
 - Worm gearmotors
- Helical bevel gearmotors
- Parallel shaft gearmotors
 - Right angle units
- Shaft-mounted gearmotors
- AC three-phase motors
 - DC motors



A

Helical-bevel gearmotors

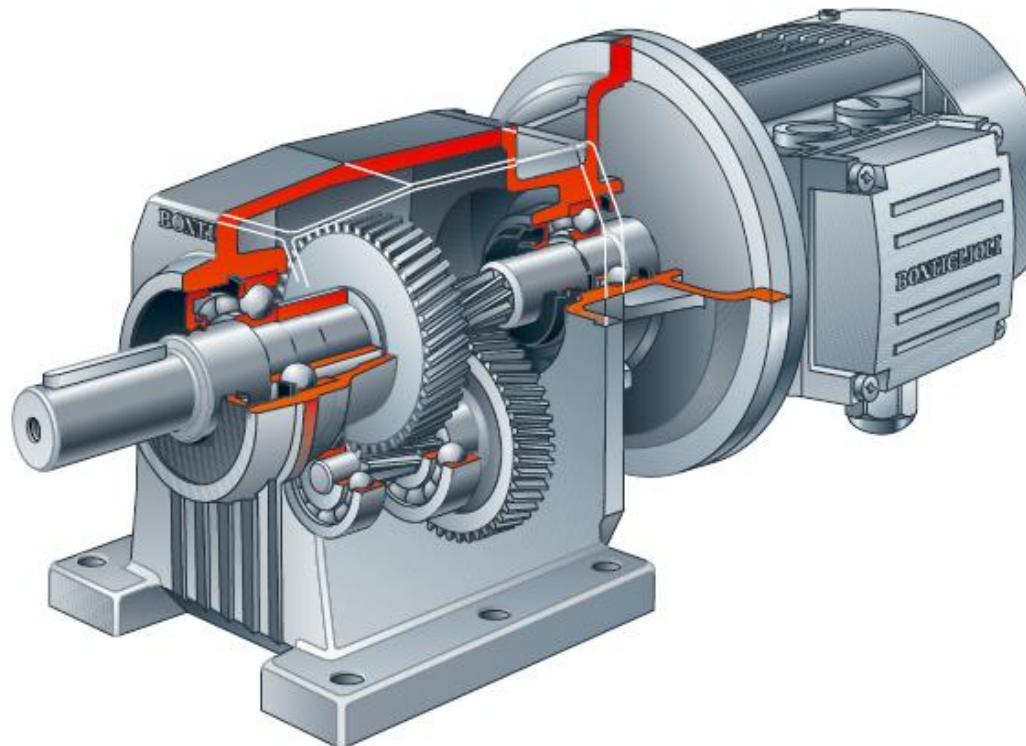
Torque range: 150 ... 14.000 [Nm]



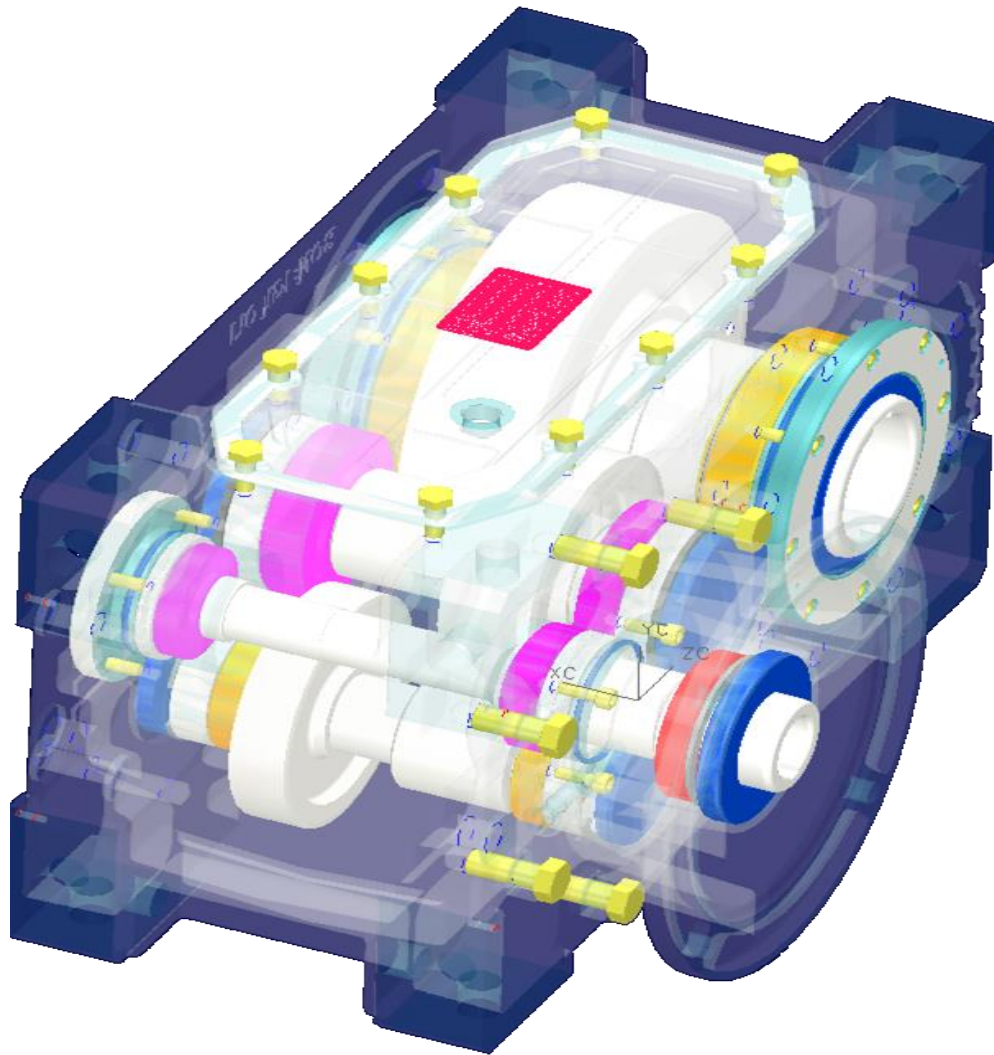
C

Helical in-line gearmotors

Torque range: 45 ... 12.000 [Nm]

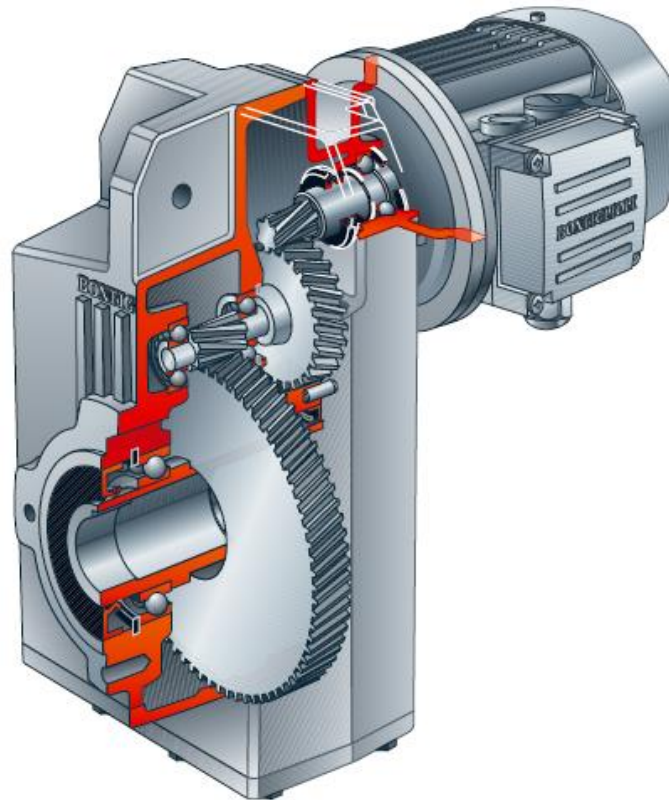


Power Transmission Solutions products



F

Shaft mounted gearmotors
Torque range: 140 ... 14.000 [Nm]



VF

Worm gearmotors

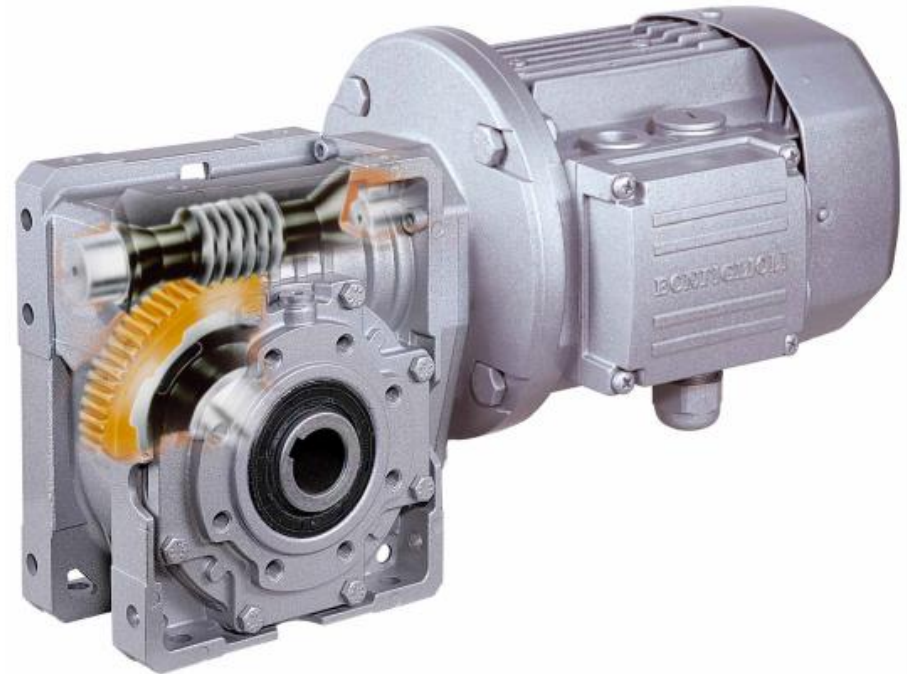
Torque ratings: 9 ... 4.800 [Nm]



W

Worm gearmotors

Torque ratings: 160 ... 1.000 [Nm]

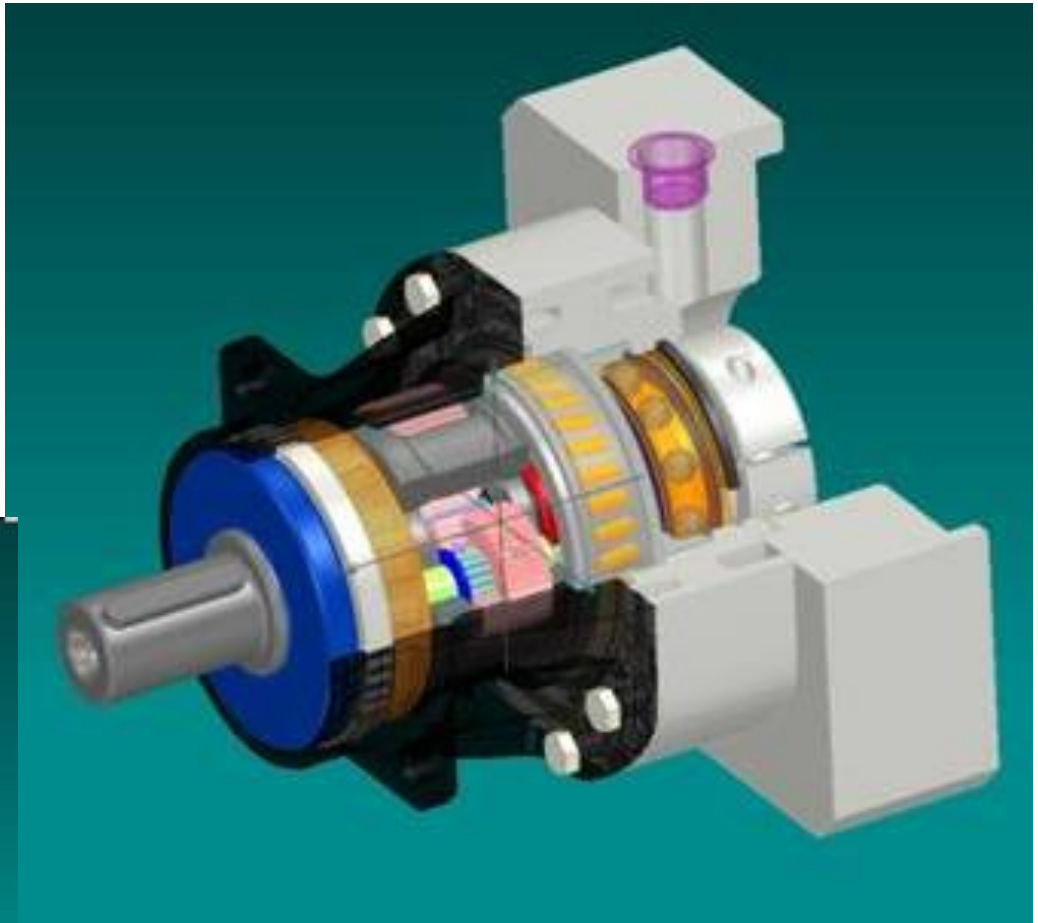
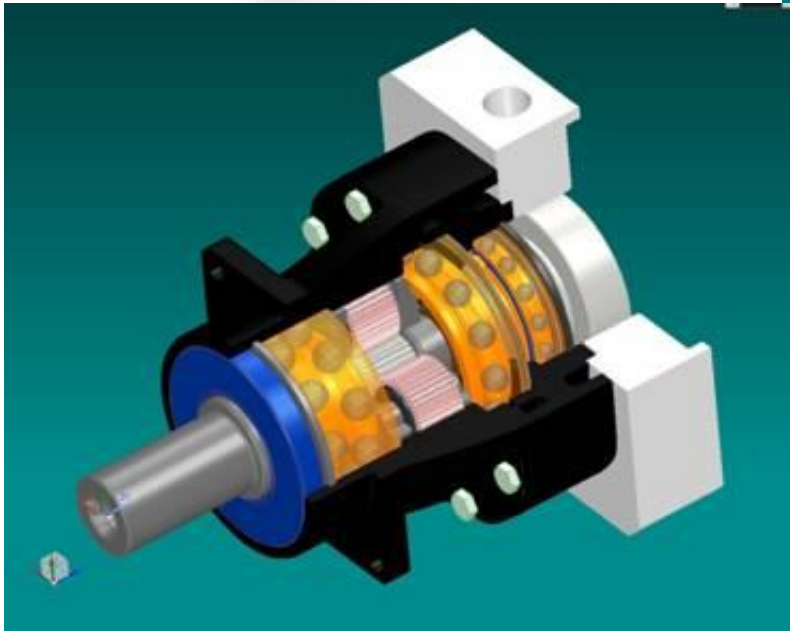


Power Transmission Solutions products

300

Planetary gearmotor

Torque range: 1.000 ... 450.000 [Nm]



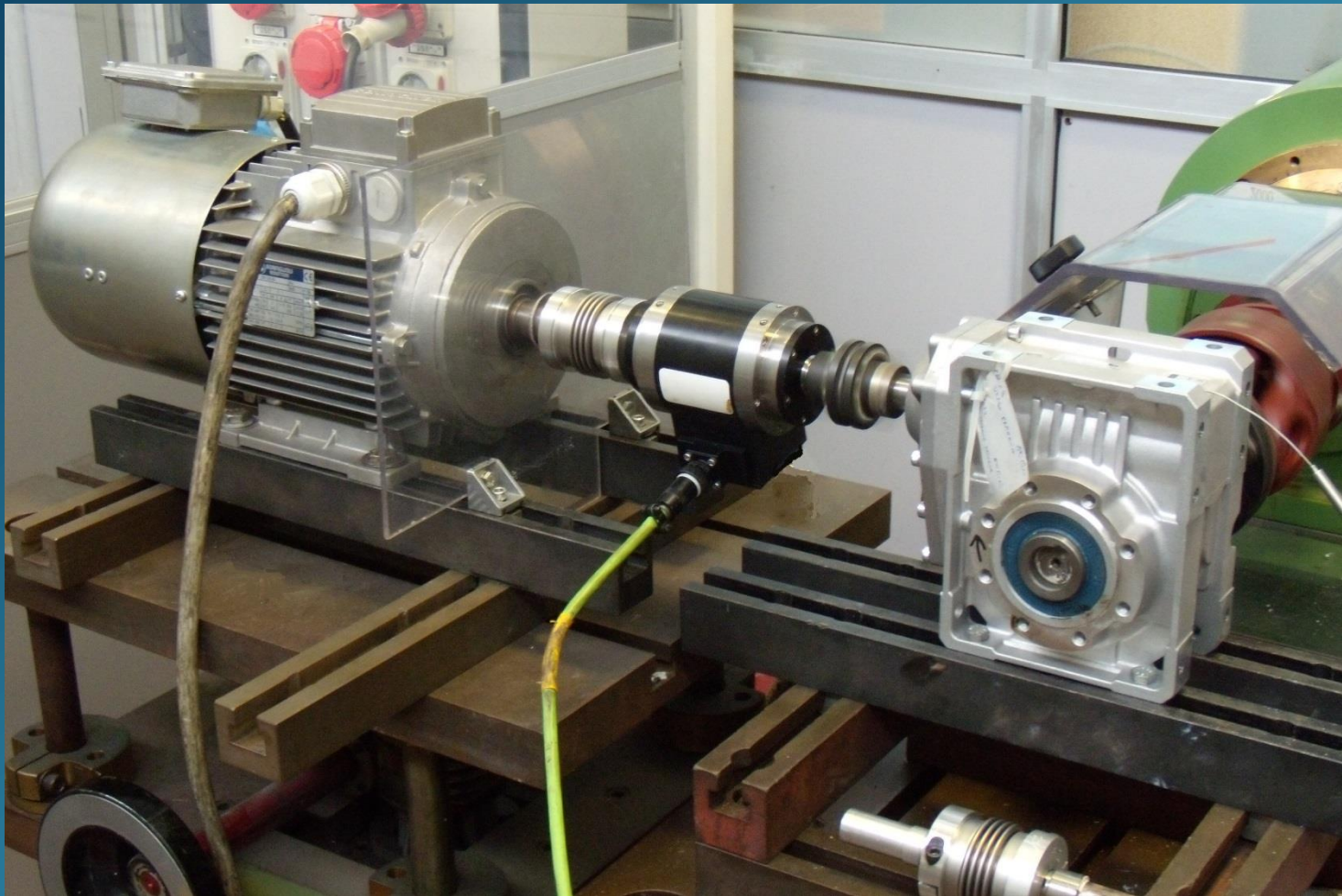
Experimental & Testing Departement

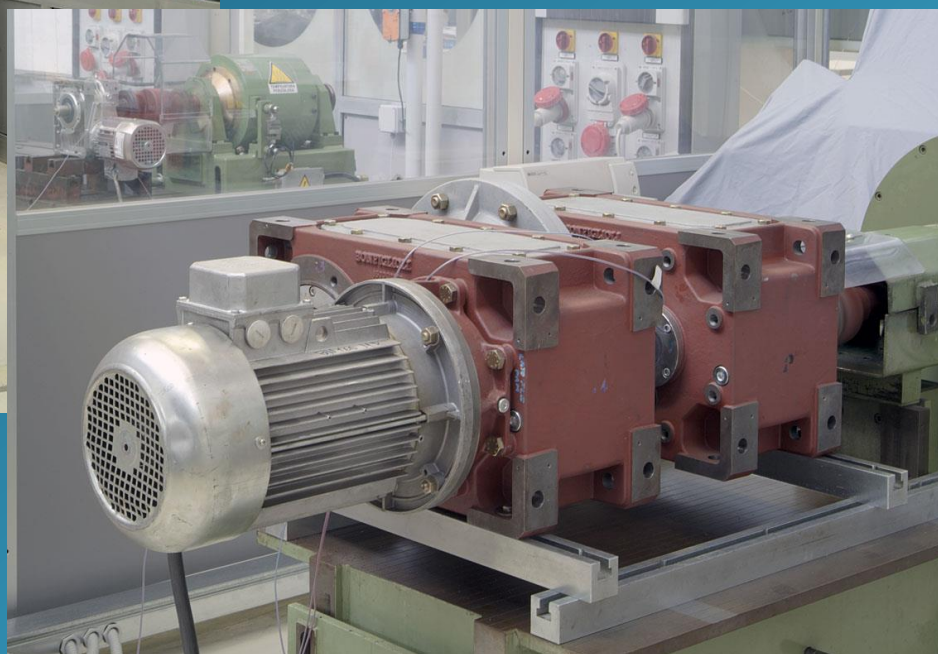
Attività Ente ETD

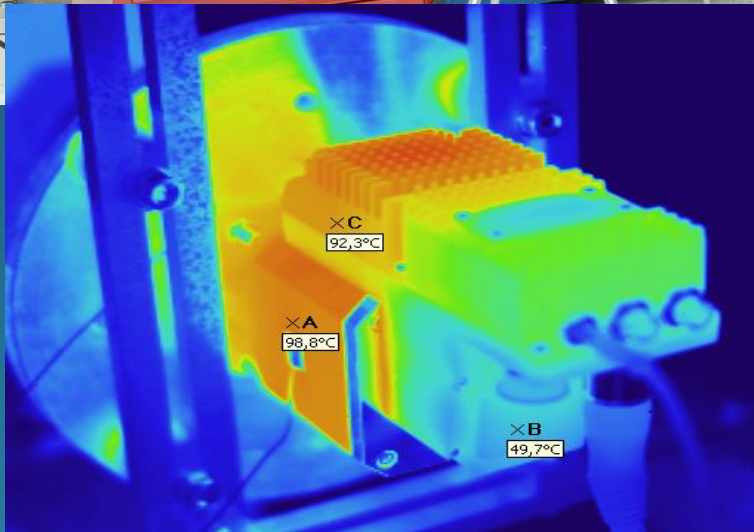
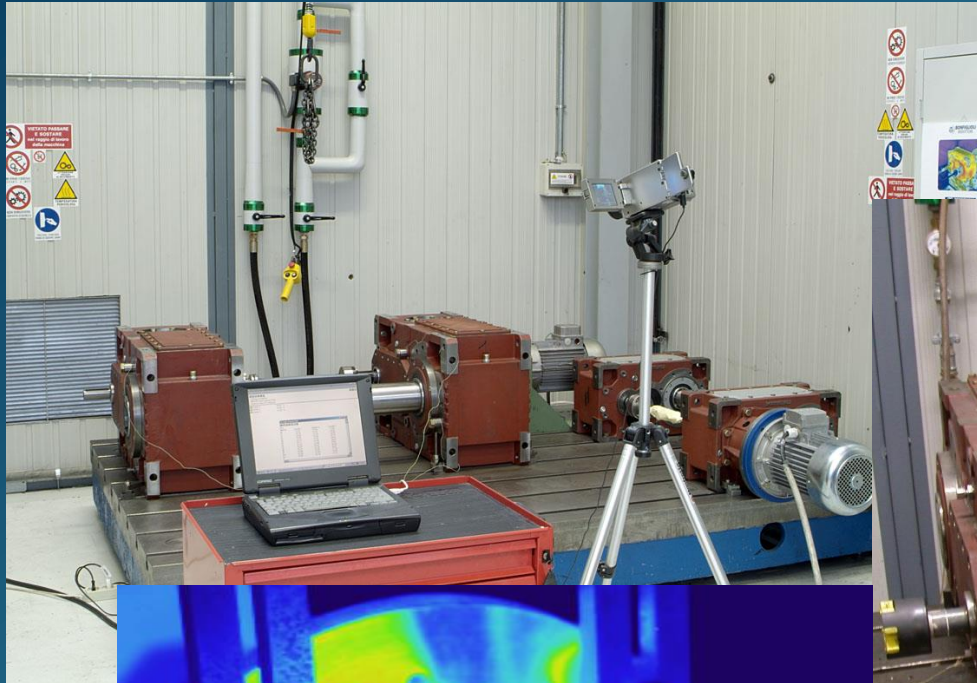
- **Svolgimento prove di prestazione/funzionalità e fatica** su riduttori/motoriduttori di competenza della BUInd (coassiali, ortogonali, VsF, assi paralleli) e prodotti con marchio Tecnoingranaggi (epicicloidali di precisione a gioco ridotto)
- **Svolgimento prove di prestazione/caratterizzazione motori elettrici asincroni trifase e sincroni a magneti permanenti**
- **Supporto a Ente AfterSales** in analisi problematiche complesse di post vendita
- **Supporto a Ente Acquisti e Qualità** tramite la creazione e svolgimento procedure omologazione Fornitori di componentistica di primaria importanza per la qualità/funzionalità dei prodotti (cuscinetti, anelli di tenuta, guarnizioni piane, ingranaggi conici, lubrificanti, adesivi, ecc.)
- **Attività di analisi metallurgica** (composizione chimica, analisi strutturale) e durezza superficiale (superficie e sub-corticale) nonché qualità getti (colate e pressofusioni) sia per controllo in accettazione che per analisi post-vendita
- **Attività di Failure Analysis** a supporto dell'Ente Aftersales

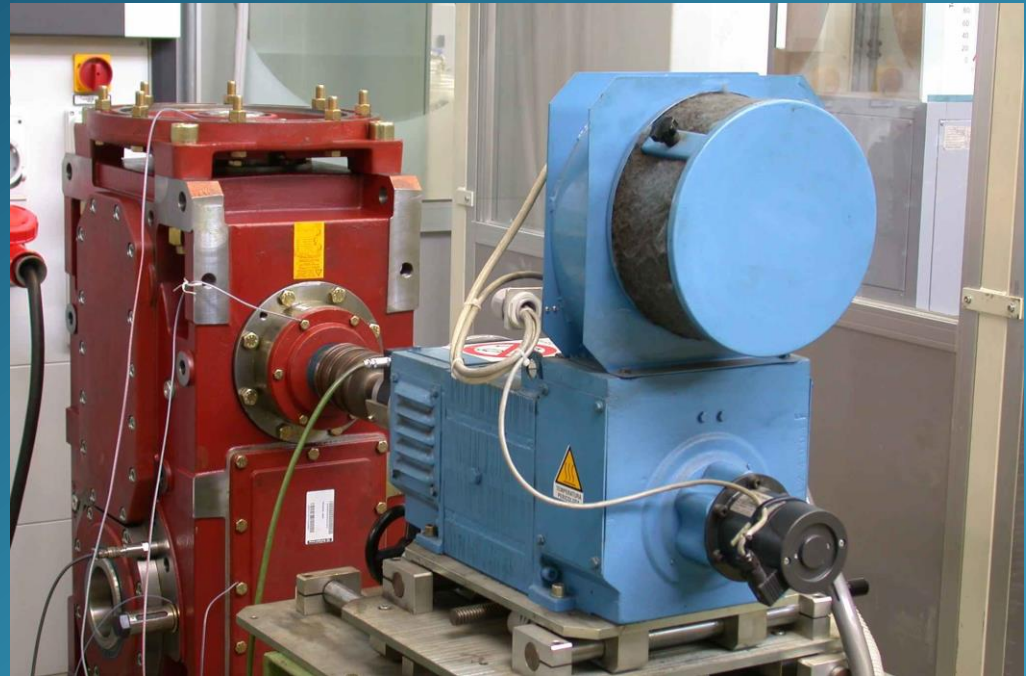
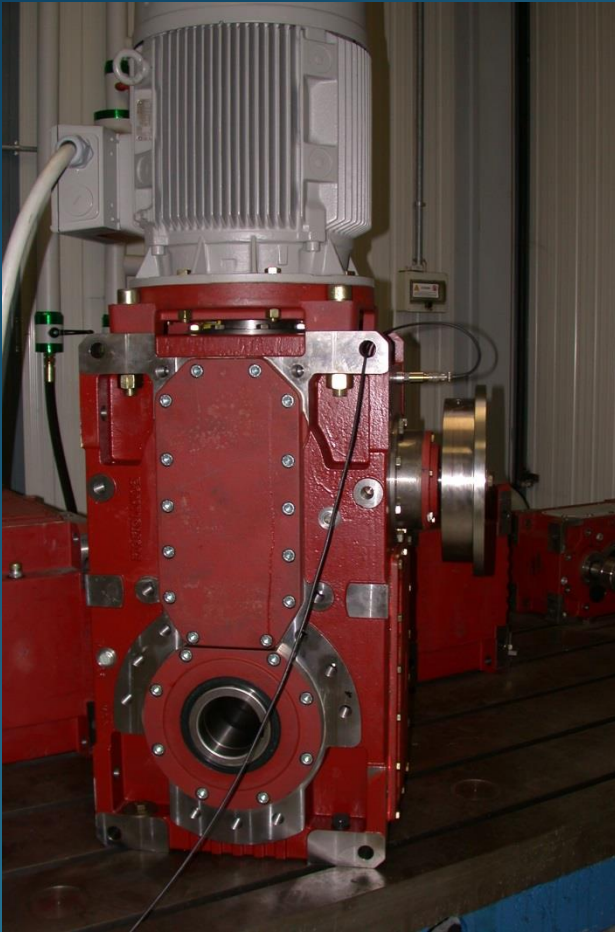
Strumentazioni Ente ETD

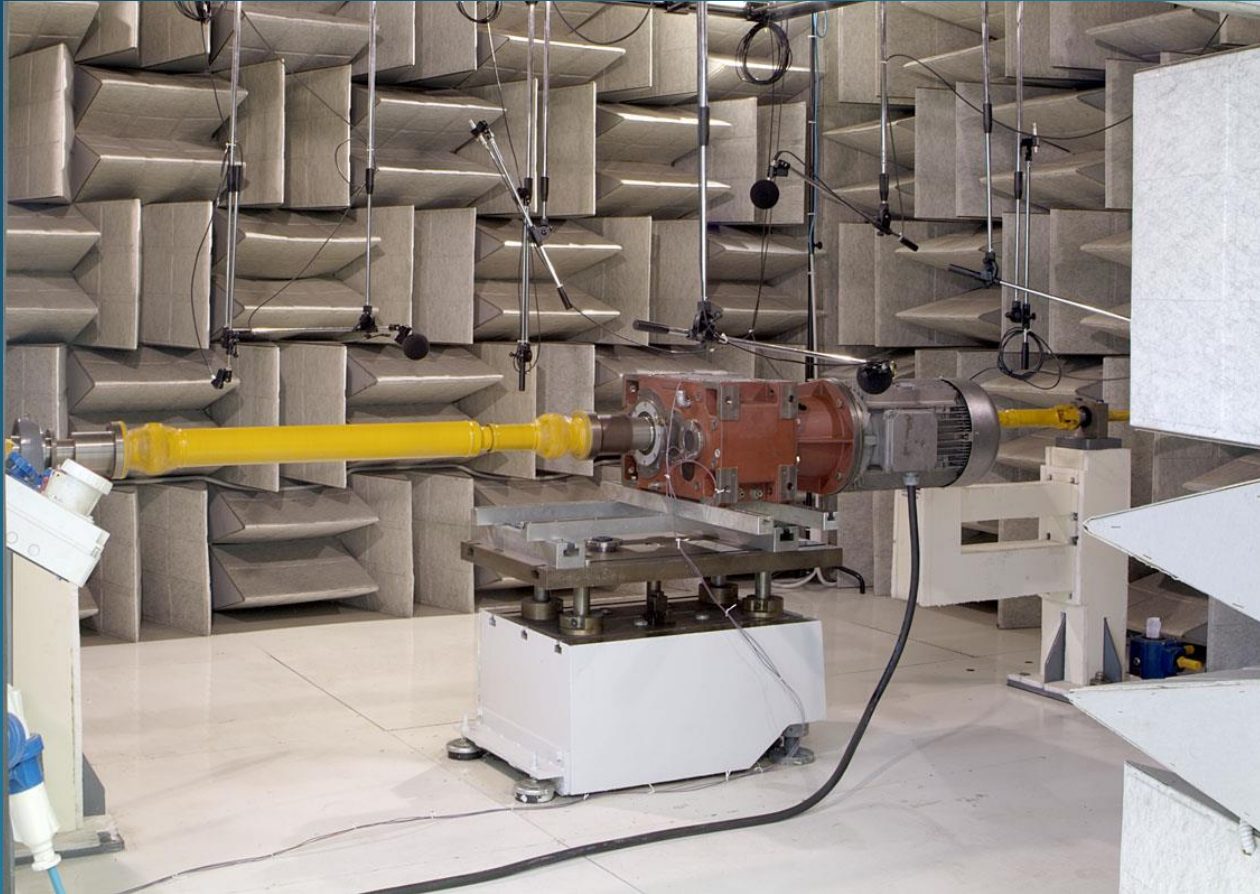
- **5 banchi prova**, di diverse potenze e caratteristiche, per riduttori con freno e azionamento controllati e completa gestione automatica del ciclo di prova e dei dati acquisiti
- **2 banchi prova per motorizzazioni elettriche** con freno e azionamento controllati e completa gestione dei dati acquisiti e dei parametri elettrici sulle singole fasi
- **2 banchi prova per riduttori epicicloidali** di precisione a gioco ridotto
- **Camera semi-anecoica** tarata e certificata per analisi acustiche e vibrazionali secondo normative internazionali
- **Termocamera a infrarossi**
- **Strumenti di diagnostica** riduttori/motori coppie coniche basati su analisi vibrazionale
- **Anderometro** per valutazione qualità e stato usura cuscinetti
- **Telecamera endoscopica**
- **Quantometro ottico**
- **Durometri e microscopi ottici e stereo**
- **Giogo, apparecchiatura ultrasonica**

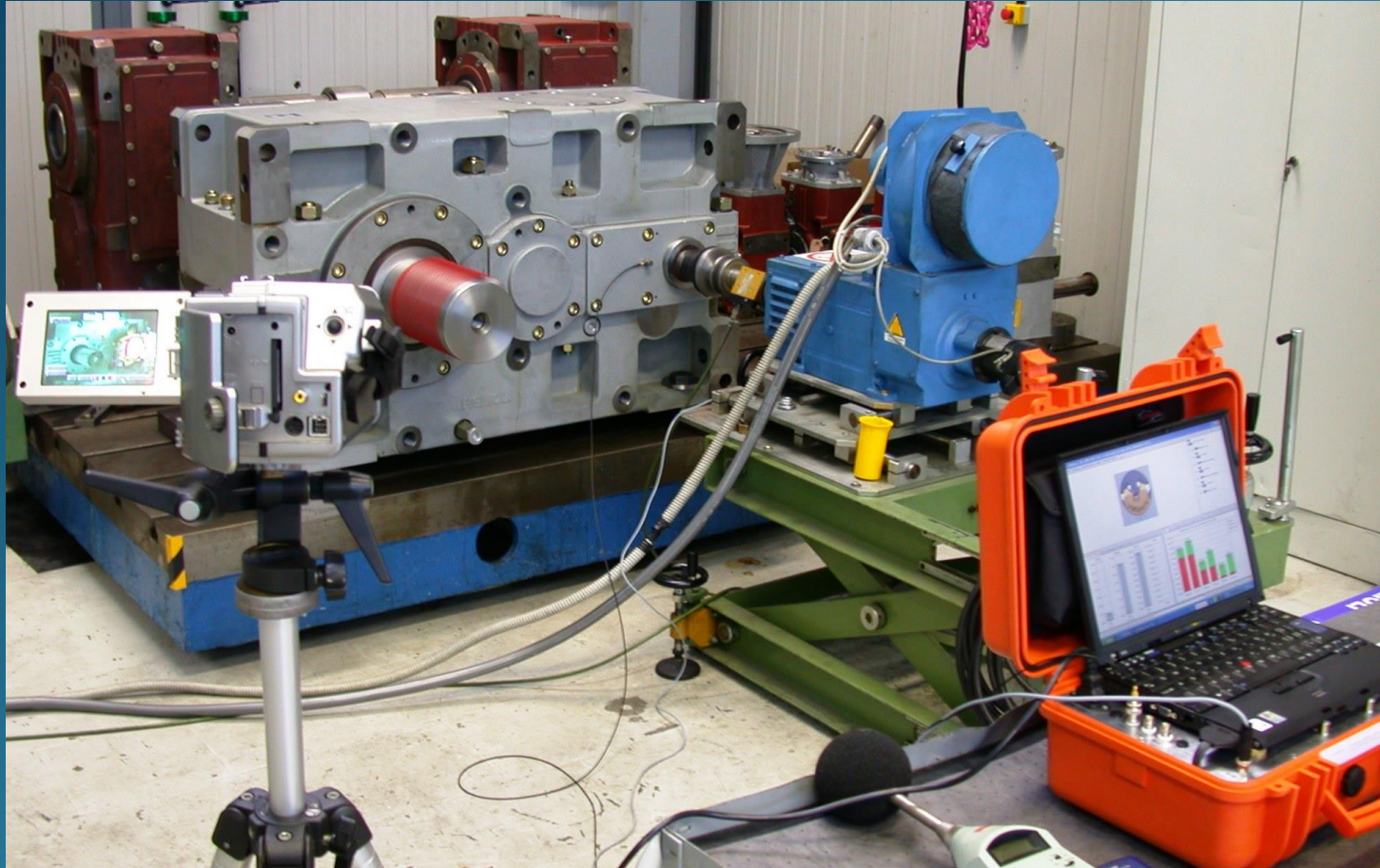












- **Responsabile Ente**
- 5 operatori con competenze specifiche per prodotto
- Specialista in analisi vibrazionale e Condition Monitoring
- Numerose consulenze esterne
- Tesisti/Dottorandi

A supporto del
«processo di sviluppo prodotto»,
ma non solo, vi è la
Sperimentazione

Finalità di prova

- Prove su prodotto finito
- Prove su componenti

Prove su prodotto finito

- Verifica progettuale di dimensionamento
- Determinazione/verifica dati di catalogo/prestazioni nominali
 - a sostegno dell'area tecnica (eventualmente tramite prototipi o manichini)
- Verifica funzionale su prodotto consolidato
 - a sostegno del controllo qualità produzione
 - a sostegno di post o pre vendita (verifica preventiva esigenze Cliente e/o severità applicazione)

Prove su componente

- Verifica progettuale di dimensionamento (componente di progettazione)
 - a sostegno della progettazione
- Verifica performance di catalogo Fornitore
- Valutazione livello qualitativo
- Determinazione di criteri omologazione Fornitori
- Test di omologazione
 - a sostegno dell'Ufficio Acquisti e Qualità Fornitori
- Valutazione grado di usura
 - a sostegno del post vendita/riparazioni

Prove su componente

- Componenti principalmente valutati:
 - Cuscinetti volventi
 - Guarnizioni di tenuta radiali su alberi rotanti
 - Guarnizioni di tenuta piane statiche
 - Lubrificanti
 - Coppie coniche
 - Viti/bulloni
 - colle



Sia su prodotto finito che su componente (eventualmente commerciale)
le tipologie di prova posso essere

- Funzionali
- Durata/Fatica/Usura
- Affidabilità

Prove Funzionali

Lubrificazione

- Verifica o determinazione quantità di olio
- Verifica lubrificazione componenti meccanici e bagnabilità anelli di tenuta
- Verifica funzionalità sfiati

Prestazioni

- Verifica trasmissibilità coppia/potenza
- Verifica rendimento
- Verifica regime termico e potenza termica
- Verifica gioco angolare



Prove Funzionali

Tenuta olio/porosità

- Verifica pressione interna
- Verifica di tenuta pneumatica
- Verifica di tenuta idraulica



Prestazione acustico/vibrazionali

- Verifica livello vibrazionale
- Verifica livello acustico in camera semi-anecoica
- Verifica sensazione acustica



Riduttori epicicloidali a gioco ridotto "Tecnoingranaggi" e non

- Verifica rigidezza torsionale
- Verifica errore di trasmissione
- Verifica gioco angolare
- Verifica coppia di reversibilità

Prove di Durata/Fatica/Usura

Prova funzionale

+ Tempo

+ Prova funzionale

= Prova di fatica/affidabilità

Prove di Durata/Fatica/Usura

Prova di fatica



**Valuta usura in relazione
tempo/sollecitazione**

Prove di Durata/Fatica/Usura

Prova di affidabilità



**Valuta per quanto tempo non si ha
usura**

«invalidante»

Prove di Durata/Fatica/Usura

Prova di fatica a carico con ciclo definito

Prova di fatica a coppia variabile con massa sbilanciata

Prova di fatica a coppia variabile con volano



fattore tempo: quanto?

attinenza con la realtà: quanta?

Usura componenti

Decadimento prestazioni prodotto/componenti

Prove di Durata/Fatica/Usura

- Prove a condizioni std (carico, velocità, rampe di accel.)
- Prove accelerate (secondo leggi note o empiriche)
 - Utili soprattutto per verifiche progettuali
- Prove tramite riproduzione condizioni reali
 - Utili per lo studio delle applicazioni, ma spesso solo «similari» ma non «reali»
- Prove «on the job»
 - Utili per lo studio delle applicazioni, «reali» ma complesse

Prove di Durata/Fatica/Usura

«On the job», cosa comporta?

- Informazioni, e loro gestione, sulle condizioni di sollecitazione
 - Coppie
 - Velocità
 - Temperatura ambiente
- Informazioni, e loro gestione, sulle condizioni di risposta del prodotto
 - Temperature di esercizio
 - Usura componenti

Prove di Durata/Fatica/Usura

«On the job»

Usura componenti

- Temperatura
- Contaminazione/degenerazione olio
- Emissione acustica/vibrazionale
 - Allerta su parametri energetici generici
 - Allerta su specifici difetti
 - Completa caratterizzazione della meccanica tramite analisi segnale vibrazionale

Conoscenza del sistema

Per poter operare su un sistema complesso bisogna conoscere i componenti:

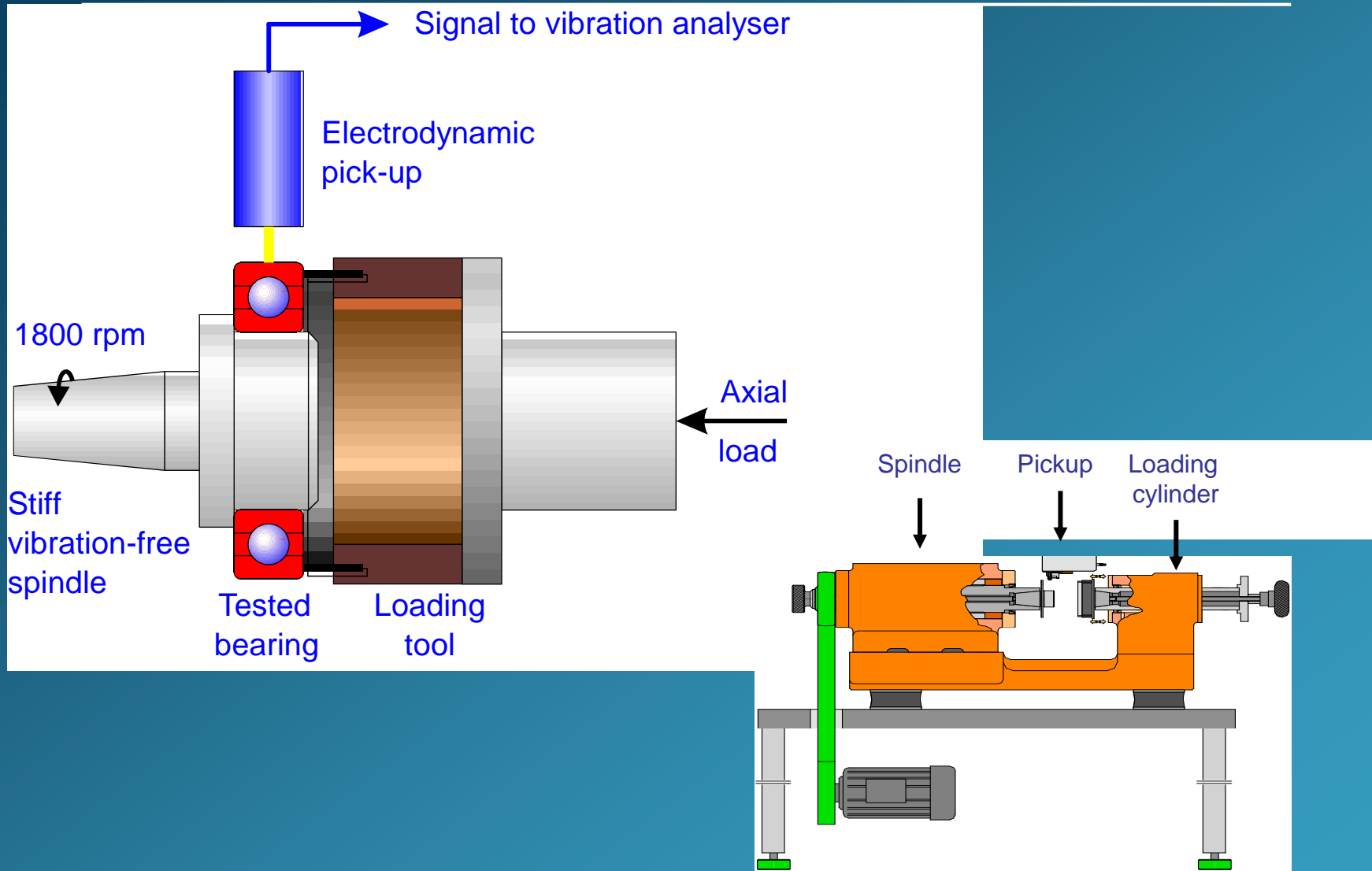
- Cuscinetti (radiali rigidi a sfere)
- Ingranaggi (delle diverse tipologie)



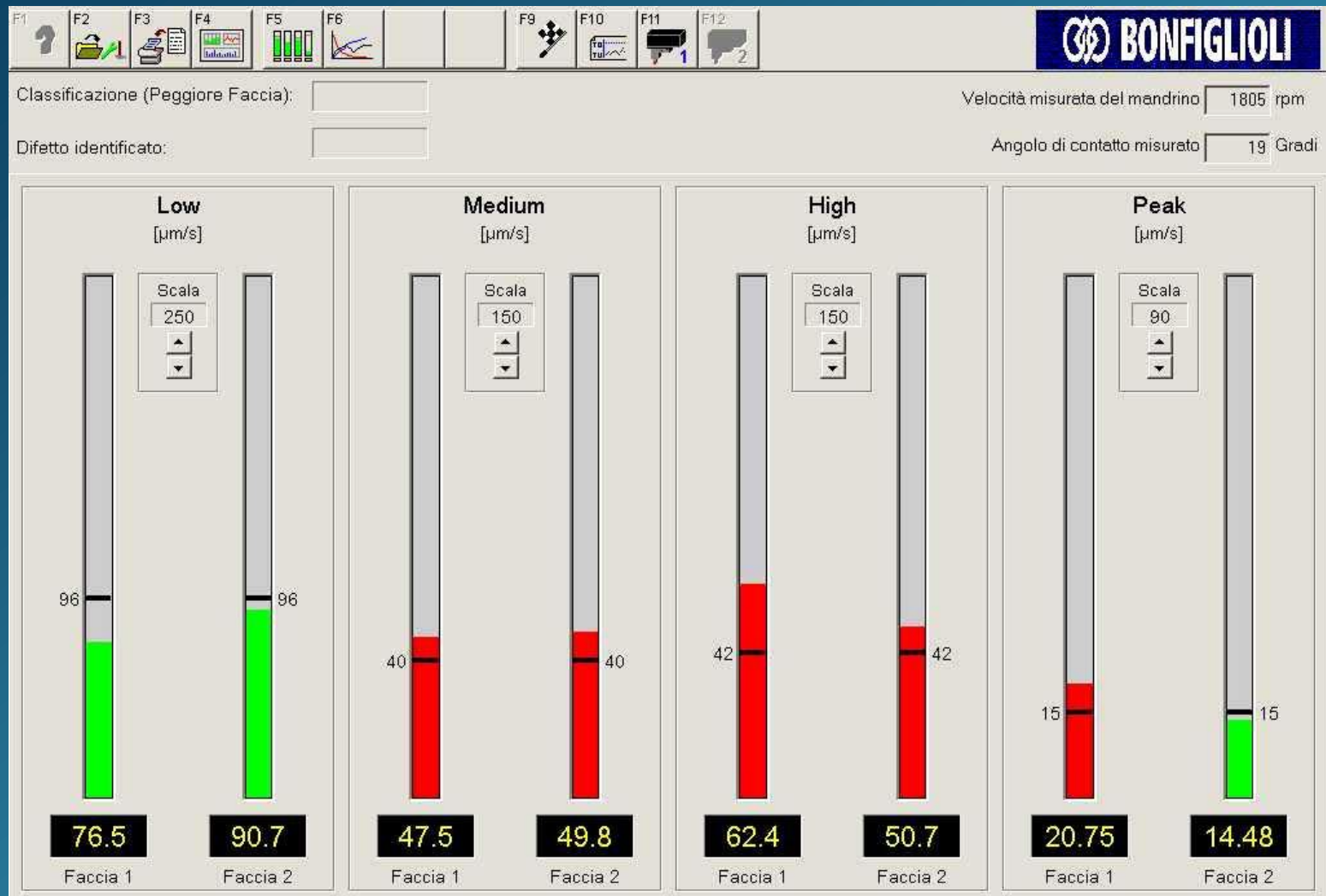
Vibration analysis with Anderon test rig



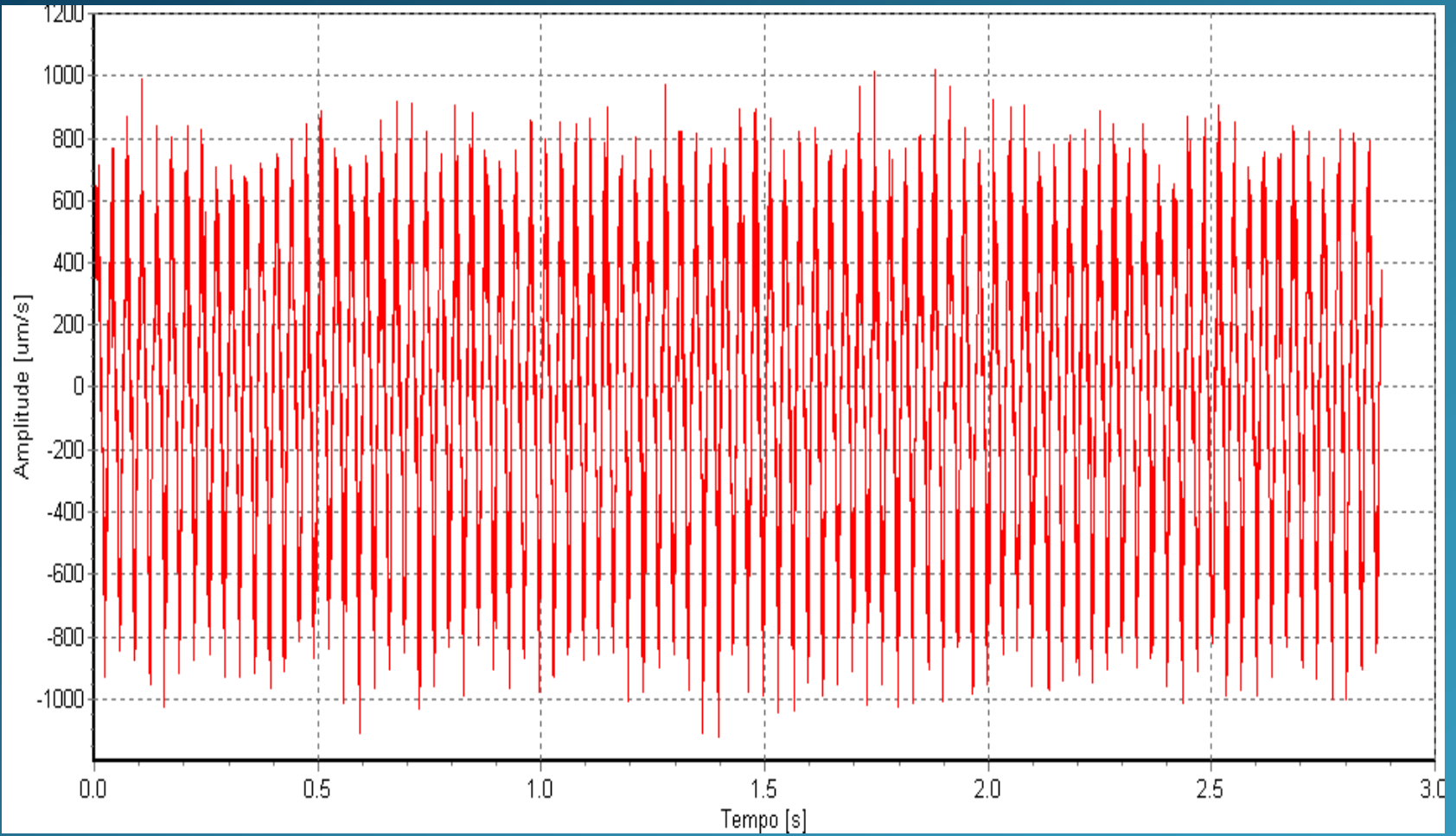
Vibration analysis with Anderson test rig



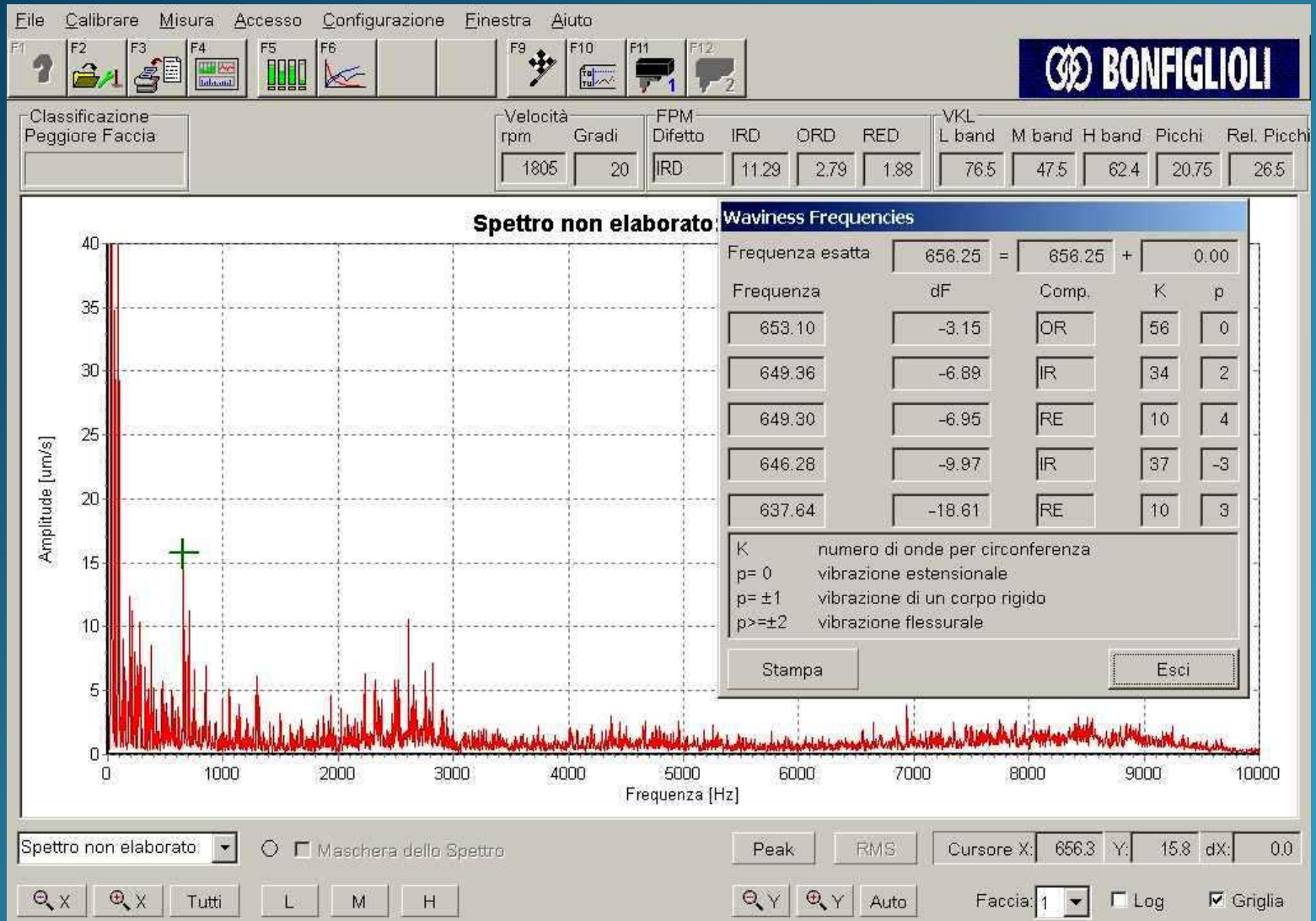
Vibration analysis with Anderon test rig (RMS secondo ISO 10816)



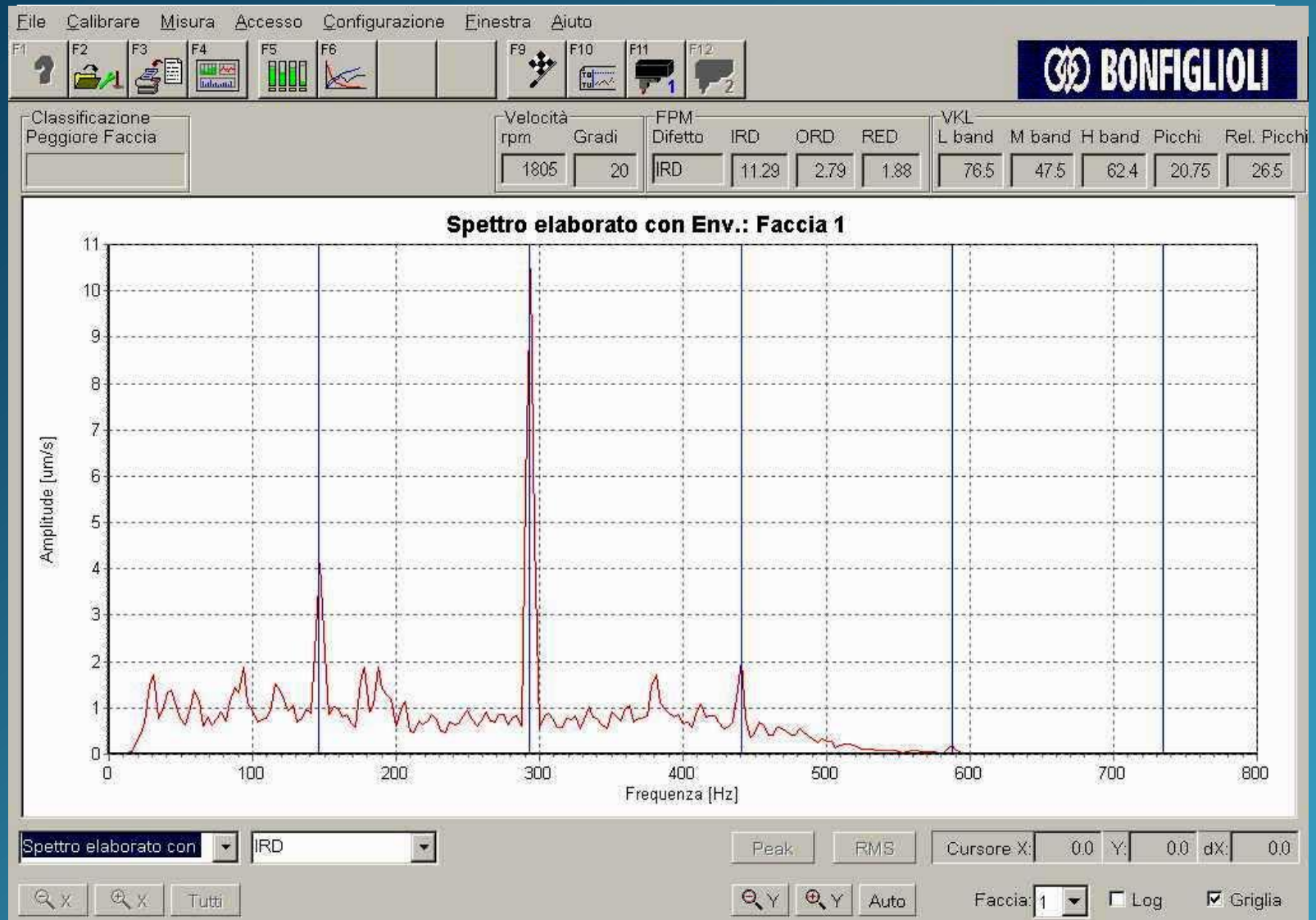
Vibration analysis with Anderon test rig



Vibration analysis with Anderson test rig

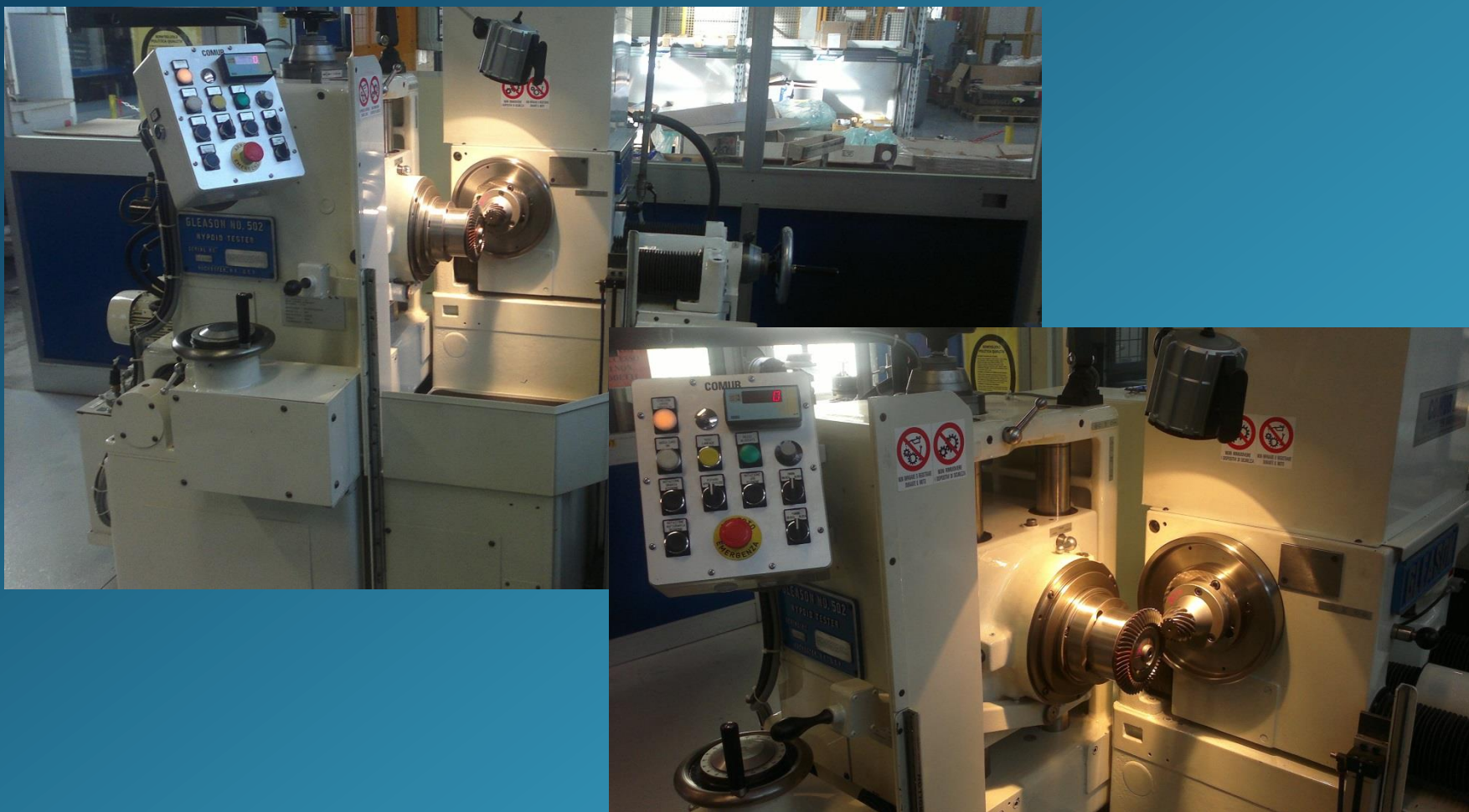


Vibration analysis with Anderon test rig (tecniche di involuppo, trasformate di Hilbert)



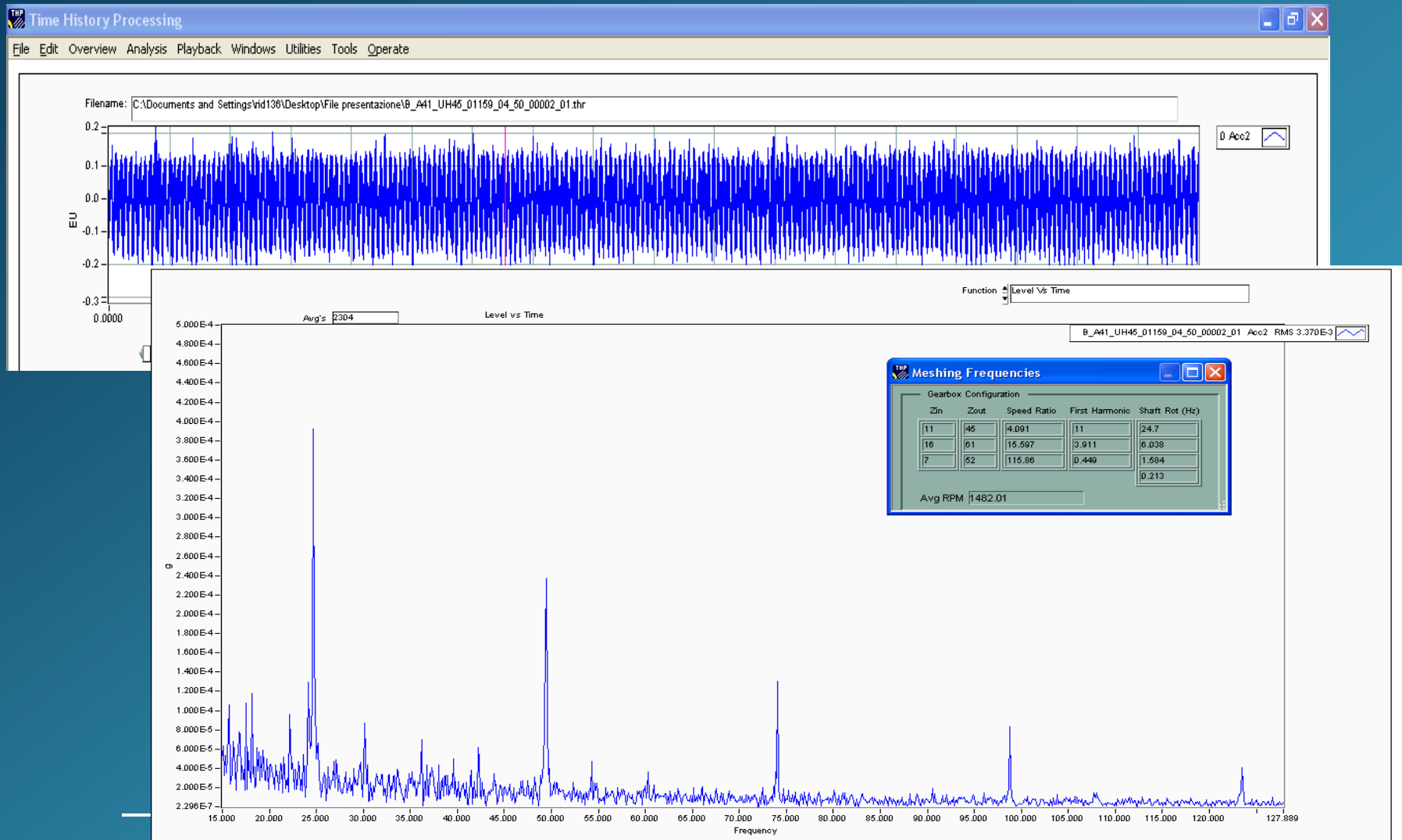
Caratterizzazione coppie coniche

Tramite le «medie sincrone»



Caratterizzazione coppie coniche

Tramite le «medie sincrone»

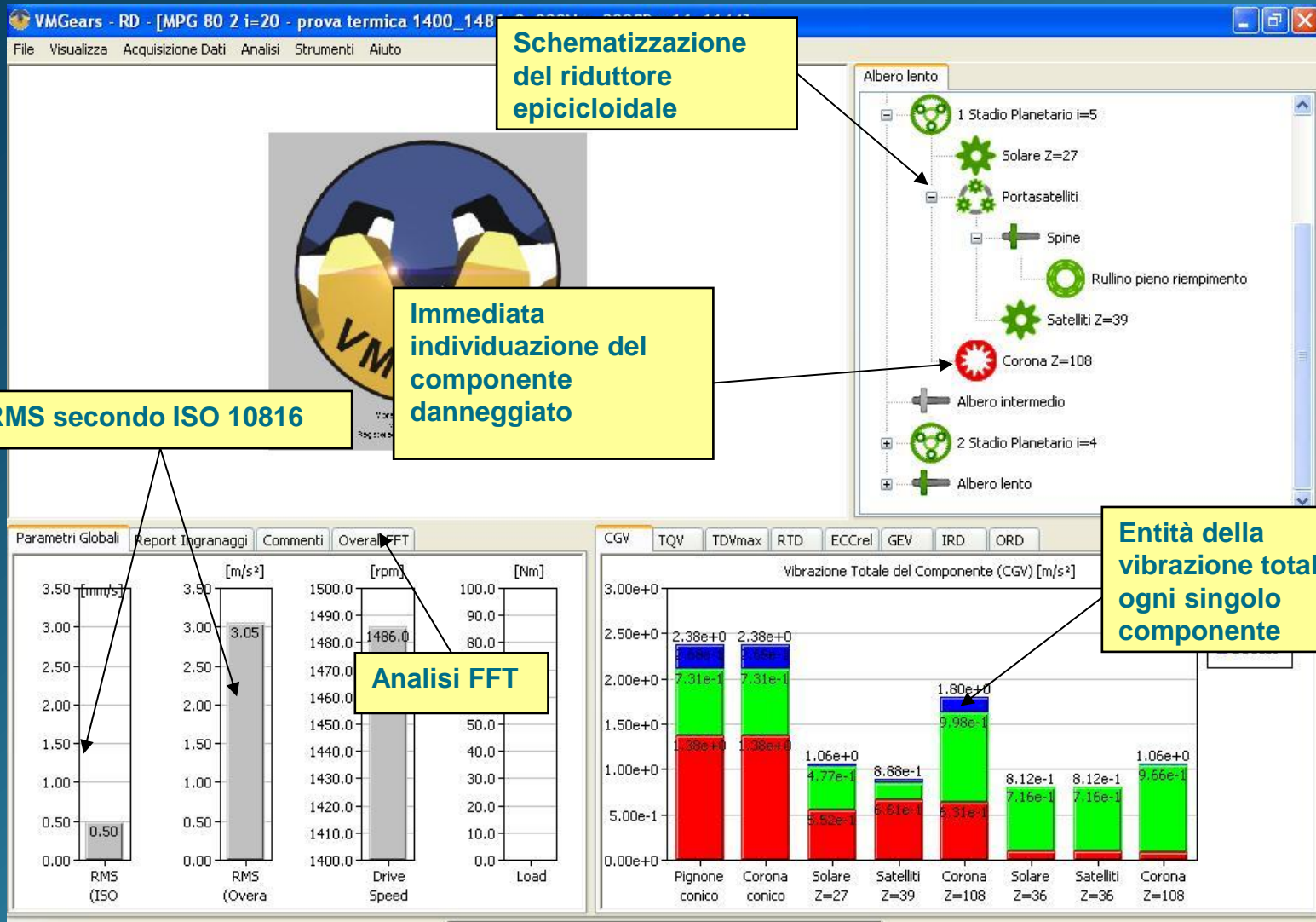


Caratterizzazione vibrazionale di riduttore

Tramite «Hilbert», «medie sincrone», «demodulazione ampiezza e fase», «Trasformate di Wevelet»



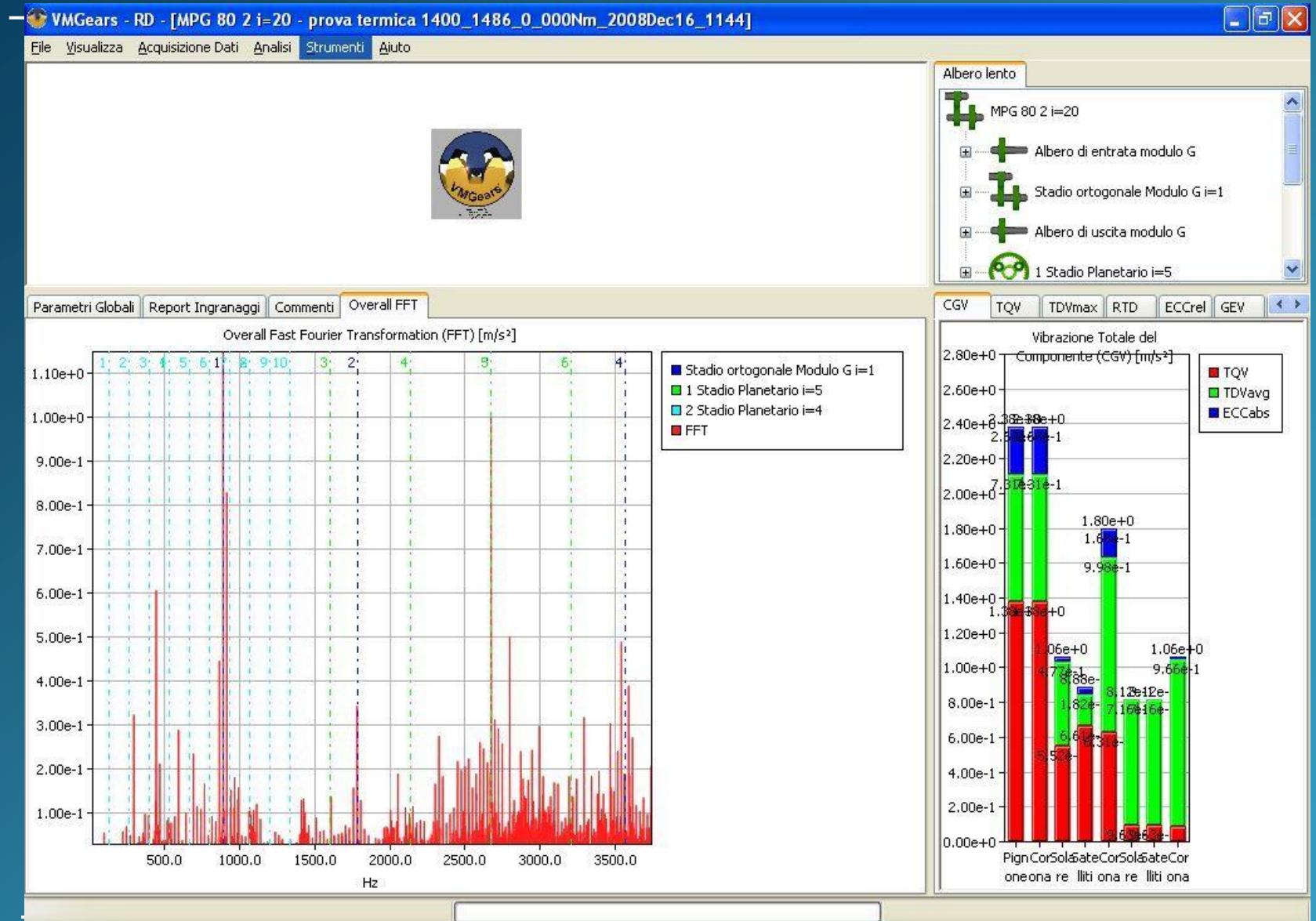
Caratterizzazione vibrazionale di riduttore



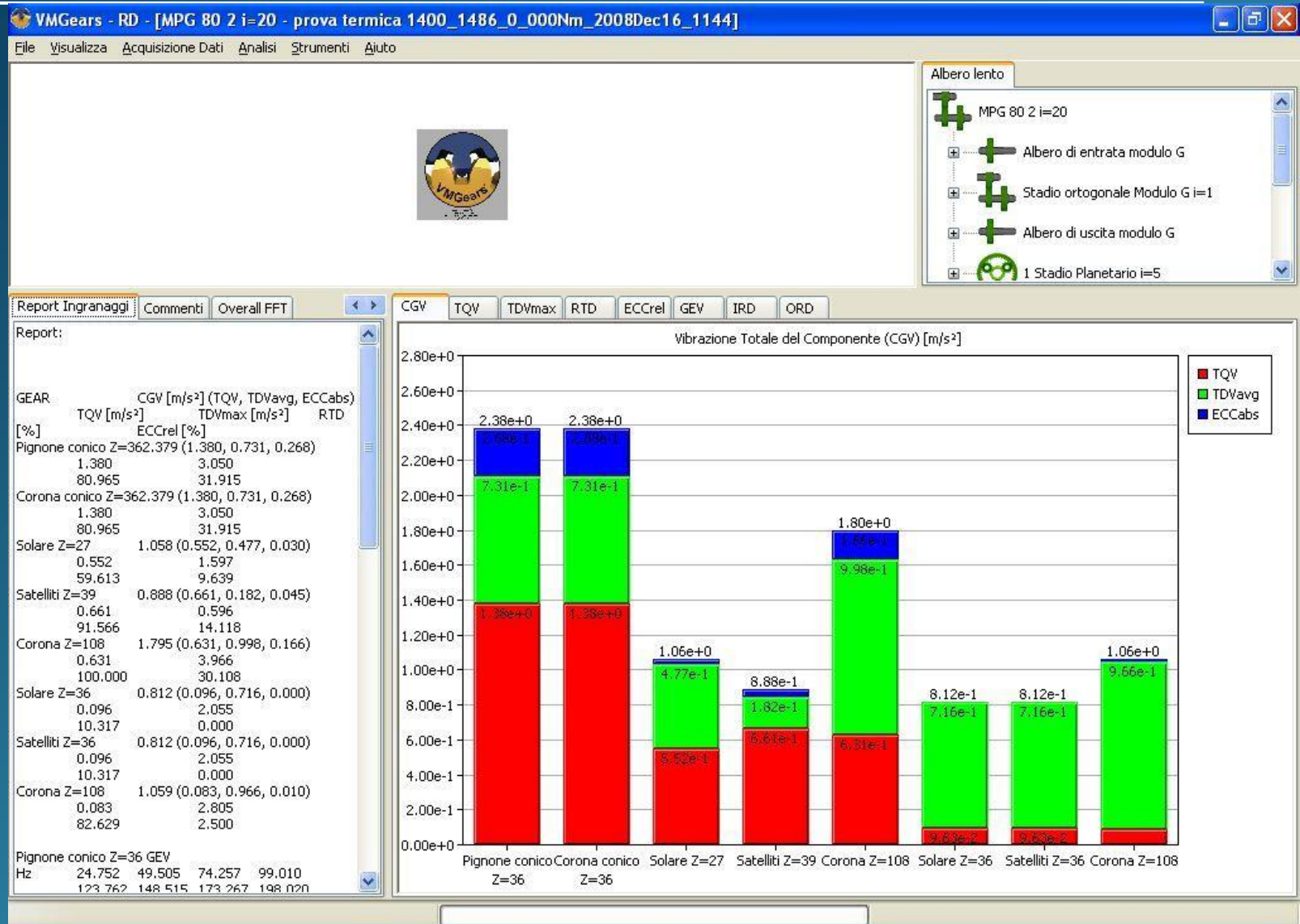
Caratterizzazione vibrazionale di riduttore



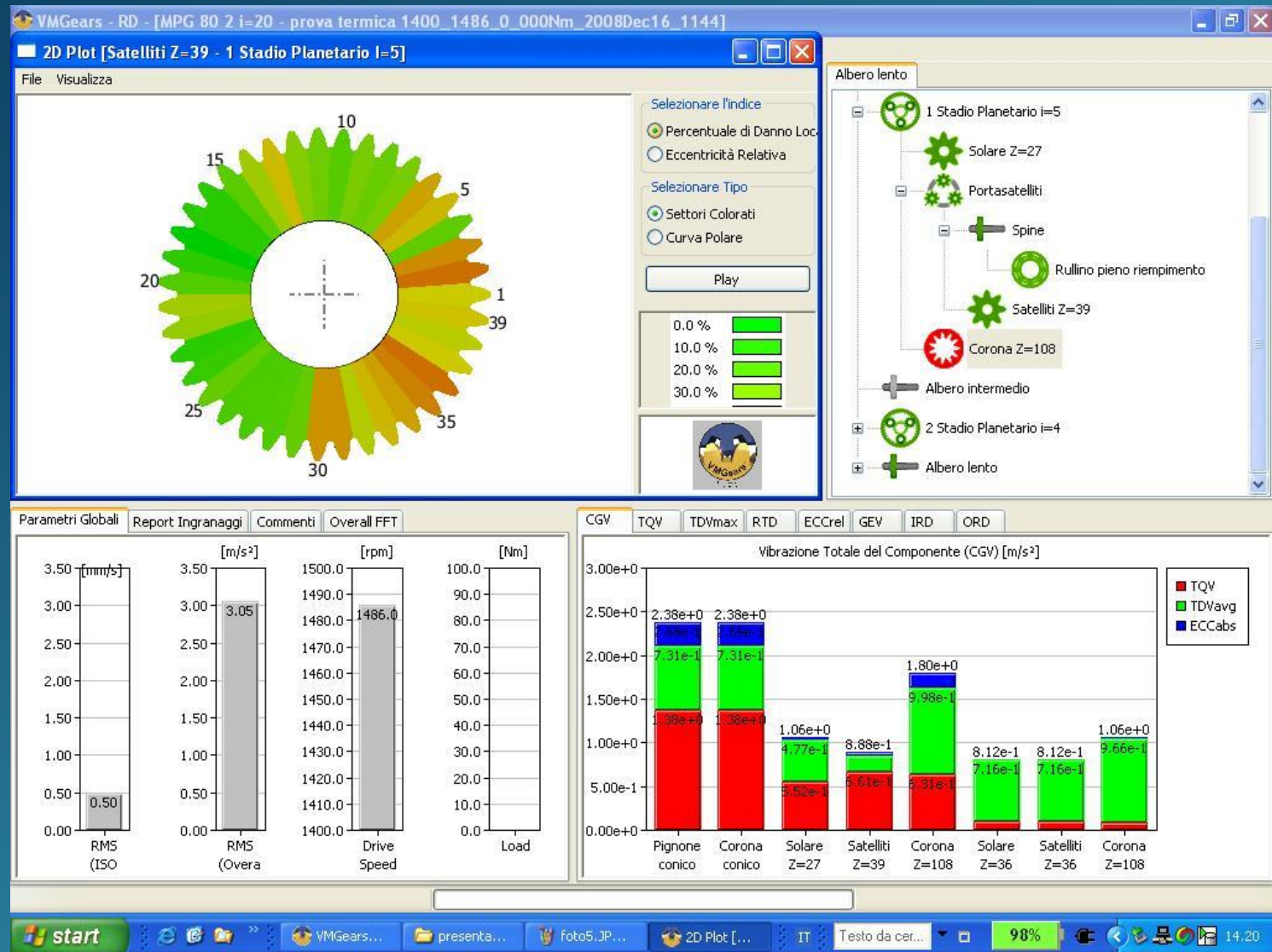
Caratterizzazione vibrazionale di riduttore



Caratterizzazione vibrazionale di riduttore



Caratterizzazione vibrazionale di riduttore



La diagnostica RIDUTTORI: sintesi di una possibile metodologia da seguire

1) acquisizione segnale **accelerometri** in sincronia con segnale di **velocità** di rotazione.

2) elaborazione/analisi segnale, sia nel **dominio del tempo**, che nel **dominio della frequenza (FFT)**

=> Prime evidenze comportamentali

3) Uso parametri energetici e statistici, come valore **RMS** e **Kurtosis**, per evidenziare il contenuto "energetico"

=> generazione allarmi su stato di funzionamento

4) **Medie sincrone**, per ridurre l'influenza del "rumore" e focalizzare l'attenzione sui singoli componenti

N.B.: è necessaria la descrizione geometrica e architettonica del macchinario

5) **Demodulazione di ampiezza e fase** per individuare con maggiore precisione la presenza di danni localizzati

6) Analisi congiunta tempo-frequenza detta **Wavelet Transform**

=> determina e colloca difetti specifici sulle ruote dentate.

Attualmente la diagnostica/caratterizzazione tramite segnale vibrazionale è usata in:

- Criteri di omologazione fornitori di cuscinetti e coppie coniche
- Capacità diagnostica stato di usura componenti in riduttore in supporto Clienti/ servizio post vendita
- Valutazione qualitativa conformità prodotto a fine linea per riduttori coassiali e ortogonali e VsF
- Valutazione su riduttori epicicloidali
- Sistemi «on board» per applicazioni on the job con controllo remoto da sede da compiere su riduttori di elevato rischio/valore => **Condition Monitoring**

Condition Monitoring Systems (CMS)

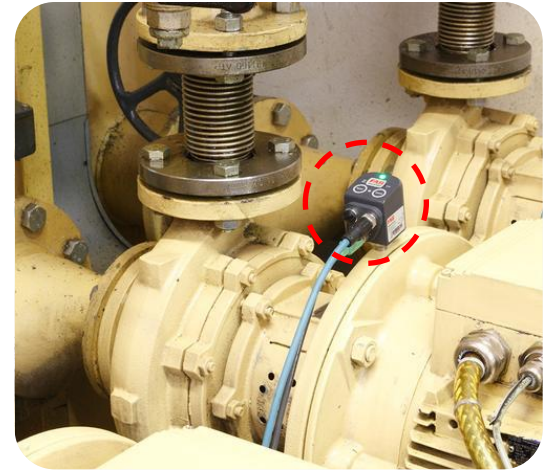
	Condition-based Maintenance	Diagnostics FOR AFTERSALES SUPPORT
LOW		
HIGH		

Condition-based maintenance



➤ **Basic Monitoring System (Surveillance)**

- Commercial System
- Constantly checks the performance
- Provides alerts or alarms



➤ **Advanced Monitoring System**

- Sophisticated Modular System
- Low experience about an application
- Collect data for evaluation



Diagnostics - Aftersales support kit

	Condition based Maintenance	Preventive Maintenance
LTW		
HDT		

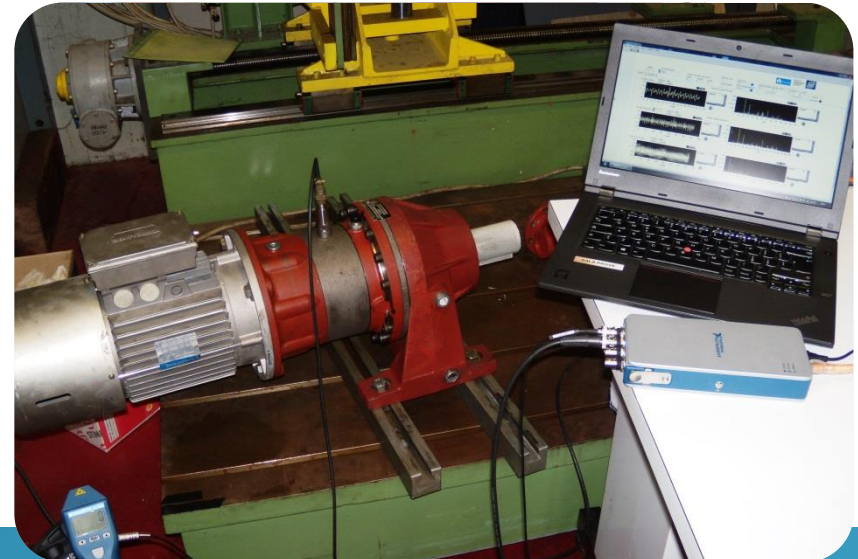
➤ Simple analysis

- Manually data acquisition On-site
- Immediate results
- User friendly



➤ Data acquisition board

- Acquisition of the variables
- Remote evaluation in ETD
- More complex analysis



Principali attività di collaborazione con UniFe

- Progettazione e realizzazione banco prova (tesi 3° anno)
- Indagini vibrazionali su riduttori coassiali e cuscinetti in essi contenuti
- Comparazione diversi sistemi/strumenti di indagine vibrazionale (Anderomero, B&K, LMS, VMGear) (tesi magistrale)
- Mappatura vibrazionale e acustica riduttori esenti da difetti e con presenza difetto localizzato (Spinner 2013)
- Realizzazione sistema controllo qualità produzione fine linea basato su analisi segnale vibrazionale per riduttori coassiali e ortogonali (Spinner 2013)
- Implementazione sistema controllo qualità e diagnostica riduttori epicicloidali basato su analisi segnale vibrazionale
- Implementazione sistemi on board con controllo remoto per condition monitoring
- Implementazione sistemi di diagnostica di sostegno Aftersales/qualità/filiali/Clienti



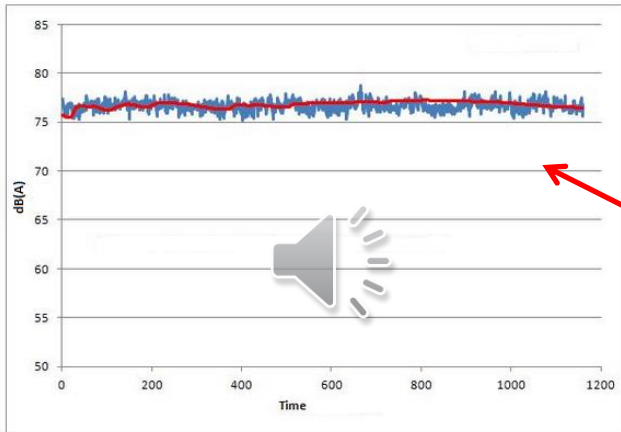


Rodolfo Arigoni
Experimental & Testing Manager
BUInS divisione PTS

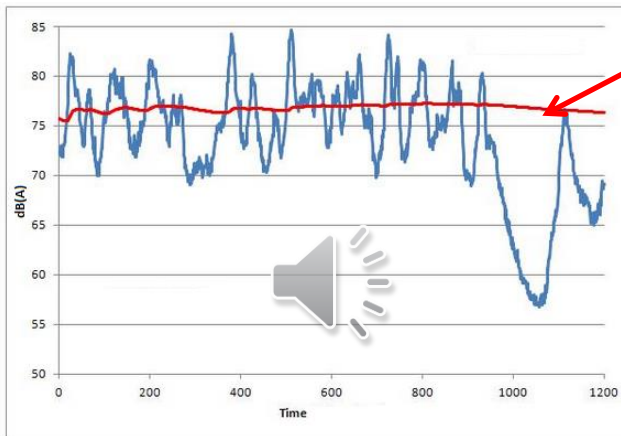
rodolfo.arigoni@bonfiglioli.com

**Grazie per l'attenzione
e
.....Domande?**

Evolution of acoustic approach into vibrational analysis



Stationary noise => good acoustic sensation



Non-Stationary noise => **No** good acoustic sensation

Same Sound Pressure Level !!!
SPL = 75,5 dB(A)

