

**Avviso di consultazione del mercato per confermare i presupposti al ricorso di una procedura negoziata senza previa pubblicazione di bando di gara per l'acquisizione di un vibrometro laser a scansione per misure tridimensionali nell'ambito del progetto "Grandi Attrezzature Scientifiche - Grandi Attrezzature" anno 2018 (CUP B88D19000020005)**

**1. PREMESSA**

Il presente Avviso persegue le finalità di cui all'art. 66, comma 1, del decreto legislativo n. 50/2016 (Codice degli appalti) ed è volto – sulla base delle indicazioni fornite dall'Autorità nazionale anticorruzione (ANAC) – a confermare l'esistenza dei presupposti che consentono, ai sensi dell'art. 63 del Codice degli appalti, il ricorso alla procedura negoziata in oggetto, ovvero ad individuare l'esistenza di soluzioni per l'acquisizione di un vibrometro a scansione laser per misure tridimensionali.

**2. OGGETTO DELLA FORNITURA**

Il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell'Università di Roma "La Sapienza" intende acquistare un vibrometro a scansione laser per misure tridimensionali, nell'ambito del progetto "Grandi Attrezzature Scientifiche - Grandi Attrezzature" anno 2018 (CUP B88D19000020005), titolo progetto **Wide-Range Laser Scanning Station for 3D Shape Reconstruction and Dynamic Measurements.**

La vibrometria Laser Doppler è, al momento, il metodo che offre la migliore risoluzione in velocità e spostamento ed è utilizzato in innumerevoli campi di ricerca teorica e applicata e di ricerca e sviluppo. Consente di ottenere risoluzione in spostamento dell'ordine dei femtometro ( $10^{-15}$  metri) e di indagare campi di frequenza fino a 1 GHz. Le proprietà della vibrometria Laser Doppler sono indipendenti dalla distanza di misura per cui questa tecnologia viene utilizzata sia in applicazioni con microscopio, sia a grandi distanze. La luce, come sensore, non ha influenza sull'oggetto in prova e non è invasiva. È quindi possibile eseguire misure su strutture estremamente piccole o leggere.

## L'effetto Doppler

Se un'onda è riflessa da un oggetto in movimento e rilevata da uno strumento (in questo caso con un Vibrometro Laser Doppler o LDV), la variazione nella frequenza dell'onda può essere descritta dalla legge:

$$f_D = 2 \times v/\lambda$$

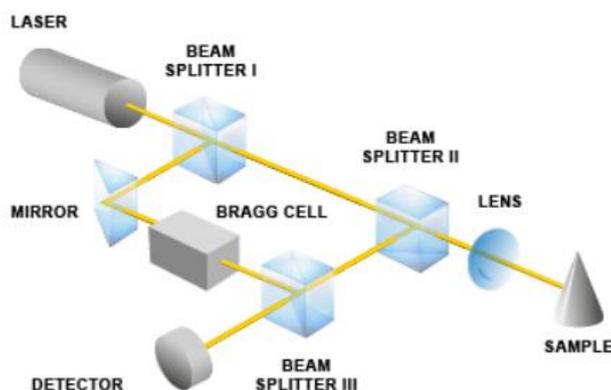
dove  $v$  è la velocità dell'oggetto e  $\lambda$  è la lunghezza d'onda emessa. Per essere in grado di determinare la velocità dell'oggetto, la variazione di frequenza (effetto Doppler) deve essere misurata rispetto alla lunghezza d'onda nota del raggio di sonda. Questa operazione viene eseguita dal vibrometro laser Doppler utilizzando un interferometro che è parte integrante del sistema.

## Interferometria

Il vibrometro laser Doppler lavora sulla base dell'interferenza ottica, per cui, sostanzialmente, due raggi di luce coerente, con le rispettive intensità  $I_1$  e  $I_2$ , si devono sovrapporre. L'intensità totale dei due raggi non è semplicemente la somma delle singole intensità, ma è modulata dal cosiddetto termine "interferenza":

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + 2 \times \sqrt{(I_1 \times I_2) \times \cos[2\pi \times (r_1 - r_2)/\lambda]}$$

Il termine interferenza è relativo alla differenza di cammino ottico tra i due raggi. Se questa differenza è un multiplo intero della lunghezza d'onda della luce, e le intensità  $I_1$  e  $I_2$  sono tra loro eguali, l'intensità totale è quattro volte la singola intensità.



## Set up ottico

L'immagine sopra riportata mostra come questa legge fisica venga sfruttata tecnicamente in un vibrometro laser Doppler.

Il raggio laser viene diviso in un raggio di misura e uno di riferimento dal beam splitter (BS I). Dopo essere passato attraverso un secondo beam splitter (BS II),

il raggio di misura è focalizzato sull'oggetto che lo riflette. Questo raggio riflesso è ora diviso nuovamente da BS II ed è quindi unito con il raggio di riferimento sul rilevatore.

Poiché il percorso ottico del raggio di riferimento ( $r_2$ ) è costante nel tempo (a meno dei trascurabili effetti termici nell'interferometro), un movimento dell'oggetto ( $r_1 = r(t)$ ) genera uno schema chiaro/scuro, tipico dell'interferometria, sul rilevatore. Un ciclo completo chiaro/scuro sul rilevatore corrisponde ad uno spostamento dell'oggetto di esattamente metà della lunghezza d'onda della luce utilizzata. In caso del laser He-Ne spesso usato per i vibrometri, questo corrisponde ad uno spostamento di 316 nm.

Il cambiamento di percorso ottico per unità di tempo si manifesta come la variazione Doppler della frequenza del raggio di misura. In termini metrologici, questo significa che la modulazione di frequenza sul rilevatore è direttamente proporzionale alla velocità dell'oggetto. Poiché un oggetto che si allontana causa la stessa modulazione di uno che si avvicina, questo setup, da solo, non può determinare la direzione del moto dell'oggetto. Per questo motivo si utilizza un modulatore ottico-acustico (Cella di Bragg) che sposta la frequenza del raggio di riferimento di 40 MHz (per comparazione, la frequenza della luce laser è  $4.74 \times 10^{14}$  Hz). Questo genera un modello di interferenza alla frequenza di modulazione di 40 MHz quando l'oggetto è fermo. Se l'oggetto si muove verso l'interferometro, la frequenza di modulazione aumenta, se si allontana, il rilevatore riceve una frequenza inferiore a 40 MHz. In tal modo che è possibile rilevare non solo il cammino ottico, ma anche la direzione del movimento.

### **Spostamento e velocità**

Con la vibrometria laser Doppler è possibile misurare direttamente non solo la velocità ma anche gli spostamenti. Invece di trasformare la frequenza Doppler in una tensione proporzionale alla velocità, vengono contate le frange chiaro/scuro sul rilevatore. Utilizzando tecniche di interpolazione opportune, i vibrometri possono raggiungere una risoluzione di 2 nm e, grazie alle tecniche di demodulazione digitale, questa precisione può essere estesa al range dei pm. La demodulazione di spostamento è più adatta alle misure a frequenza ridotta, mentre la demodulazione di velocità è meglio per frequenze più elevate poiché le ampiezze massime delle vibrazioni armoniche possono essere espresse come segue:

$$v = 2\pi \times f \times s$$

Quando la sua frequenza aumenta, una vibrazione genera una velocità relativamente alta ad ampiezze di spostamento molto basse.

## Vibrometria a scansione 3D

La possibilità di combinare alla tecnologia laser Doppler senza contatto, la capacità di spostare il raggio laser sequenzialmente su una mappatura di punti di misura, consente di analizzare il complesso comportamento vibrazionale di intere superfici tridimensionali. Questa metodologia riduce i tempi di sviluppo fornendo informazioni precise sul comportamento dinamico di strutture, parti, oggetti in vibrazione. Come risultato si può ottenere la visualizzazione dei modi propri e delle deformate operative con una qualità di dati che consente la validazione, ad esempio, dei modelli agli elementi finiti.

La tecnologia laser a scansione 3D consente di misurare contemporaneamente le vibrazioni nel piano e fuori dal piano e può essere applicata a moltissimi campi tra cui l'analisi della propagazione delle onde superficiali in test non distruttivi, l'analisi strutturale di qualsiasi componente meccanico e la mappatura dei campi di tensione e deformazione.

### 3. REQUISITI MINIMI INDEROGABILI

L'apparecchiatura fornita dovrà attenersi ai seguenti **requisiti minimi inderogabili**:

#### Hardware

- Frontale standard che include 3 decodificatori di velocità a 14 range e ha le seguenti caratteristiche tecniche:
  - H Mode max. 100 kHz
  - Range di velocità (full scale): 2.5mm/s÷30 m/s
  - Ampiezza di band di frequenza: 100 kHz 24 bit
  - Tracking filter
  - Scheda di acquisizione integrata per 8 canali extra e generatore V Mode (max 25 MHz)
  - Banda di frequenza minima per misure 1D: 25 Mhz
  - Banda di frequenza minima per misure 3D: 5 MHz
- Sistema di gestione dati che comprende un PC industriale e monitor TFT a 24"
- Sensore a scansione con laser ad elevata sensibilità per misure a lunga distanza con le seguenti caratteristiche:
  - Laser di misura: infrarossi 1550 nm; potenza di uscita < 10, classe 2
  - Laser di puntamento: visibile coassiale al laser di misura
  - Angolo di scansione (H x V): 50 x 40
  - Distanza di funzionamento min.: 125 mm

- Video camera HD integrata
- N° 2 sensori a scansione analoghi al sensore precedente ma senza videocamera
- System cabinet per custodire il sistema e tutti gli accessori
- Sensore di distanza per la misura delle coordinate
- N° 3 tripodi per il posizionamento e il puntamento dei sensori laser

## **Software**

- Software per il controllo, l'acquisizione e l'analisi dei dati con le seguenti caratteristiche:
  - Controllo remoto di tutte le funzioni del sensore a scansione
  - Acquisizione dati nel dominio delle frequenze con diverse tipologie di trigger e funzioni di media e peak hold (numero di linee spettrali 12800)
  - Accoppiamento AC, DC e ICP
  - Filtri digitali, funzioni signal enhancement e speckle tracking
  - Calcolo di FRF, APS, CPS, PSD e coerenza e calcolo delle deformate operative nel dominio delle frequenze con calcolo dei profili
  - Visualizzazione di ampiezza, fase, parte reale e parte immaginaria
  - Possibilità di esportazione dei dati in vari formati
  - Software per l'acquisizione e la memorizzazione dei dati di scansione nel tempo. Il software deve consentire di eseguire scansioni nel dominio del tempo
- Software per il post-processing di misure in-plane 3D. Calcolo dello stress e strain dinamico a partire dalle componenti in-plane misurate

## **Servizi**

- training
- assistenza costituita da supporto telefonico e sul posto
- manutenzione software permanente che dia diritto ad ottenere le nuove versioni del software al momento del loro rilascio, per tutta la vita del sistema.

## **Accessori Hardware disponibili per future espansioni**

- Interfacciamento a robot industriali per scansione di grandi strutture, veicoli e macchine
- Martelli automatici
- Varietà di tripodi (compatti, motorizzati e indipendenti)
- Set di specchi

## Altro

- Tripode telescopico o ripiegabile e compatto
- Estensione linee spettrali min. 204.800, PSV-S-FFTEXT

## 4. IMPORTO

Il valore inizialmente stimato per la fornitura è pari ad € 500.000,00 + IVA.

## 5. SOGGETTI AMMESSI

Sono ammessi a partecipare alla presente manifestazione d'interesse gli Operatori Economici di cui all'art. 45 del D. Lgs 50/2016.

## 6. REQUISITI GENERALI E DI IDONEITA' PROFESSIONALE

- a) Assenza dei motivi di esclusione di cui all'art. 80 del D.Lgs. 50/2016;
- b) Requisiti di idoneità professionale di cui all'art. 83, comma 1 lett. a) del d.lgs. 50/2016: Iscrizione nel registro delle imprese della C.C.I.A.A. o nell'apposito registro se cooperativa, dalla quale risulti che l'impresa svolge attività nel settore della presente manifestazione d'interesse. Per tali requisiti occorre compilare il DGUE.

## 7. CRITERI SELETTIVI DI CAPACITA' TECNICO PROFESSIONALE

Esperienza documentata e maturata di almeno n. 3 contratti di fornitura, da parte del costruttore o suoi rivenditori autorizzati, di un vibrometro a scansione laser per misure tridimensionali con requisiti pari o superiori a quelli fissati al punto 3 del presente avviso, ad Università o Enti di Ricerca europei.

Deve essere indicato il riferimento del cliente che ha acquisito le macchine citate.

## 8. MODALITA' DI PRESENTAZIONE DELLA CANDIDATURA

I soggetti in grado di soddisfare i requisiti minimi inderogabili richiesti e che dispongono delle capacità tecnico professionali come delineate nel testo del contratto possono presentare la propria candidatura presentando:

1. DGUE

## 2. DOCUMENTAZIONE ILLUSTRATIVA

## 3. DOCUMENTAZIONE COMPROVANTE I REQUISITI DI CUI AL PUNTO 7.

La documentazione deve essere fornita esclusivamente in formato elettronico e potrà essere inviata tramite Posta Elettronica Certificata all'indirizzo

disgpec@cert.uniroma1.it

Il messaggio deve avere per oggetto: **“Candidatura per acquisizione di un vibrometro a scansione laser per misure tridimensionali”**

Si ricorda che il servizio di PEC ha validità legale solo se entrambe le e-mail, quella da cui si invia e quella in cui si riceve il messaggio, sono e-mail di posta certificata. Eventuali messaggi spediti da caselle non certificate o con oggetto diverso da quanto sopra indicato NON saranno presi in considerazione.

**Gli operatori economici interessati devono presentare candidatura allegando obbligatoriamente la documentazione e il DGUE.**

**La documentazione dovrà pervenire entro le ore 12:00 del giorno 10.01.2020**

**Eventuali documentazioni pervenute oltre tale termine non saranno prese in considerazione.**

## 9. ULTERIORI INFORMAZIONI

La presente consultazione è volta a conoscere l'assetto del mercato, i potenziali concorrenti, gli operatori interessati, le relative caratteristiche soggettive, le soluzioni tecniche disponibili, le condizioni economiche praticate, le clausole contrattuali generalmente accettate, al fine di verificarne la rispondenza alle reali esigenze della stazione appaltante.

Gli operatori economici che presenteranno candidatura potranno essere contattati dal RUP al fine di approfondire le soluzioni tecniche disponibili per la realizzazione dell'apparecchiatura in oggetto e le relative condizioni.

**Il presente Avviso non costituisce proposta contrattuale e non vincola in alcun modo l'Ente.**

**L'Ente si riserva di interrompere in qualsiasi momento, per ragioni di sua esclusiva competenza, il procedimento avviato, senza che i soggetti richiedenti possano vantare alcuna pretesa.**

L'Ente, a seguito delle domande pervenute e della relativa documentazione analizzata, si riserva di invitare alla successiva procedura negoziata, tutti gli operatori economici, rispondenti nei termini ed in possesso dei requisiti e dei

criteri richiesti rispettivamente ai punti 5, 6 e 7 come dichiarati nella candidatura.

Eventuali richieste di chiarimento di natura tecnica possono essere indirizzate al Direttore dell'Esecuzione, Ingegnere Prof. Walter Lacarbonara [walter.lacarbonara@uniroma1.it](mailto:walter.lacarbonara@uniroma1.it)

Eventuali richieste di chiarimento di natura amministrativa possono essere indirizzate al Responsabile Amministrativo Delegato del Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Tel +39 06 44585757 (Dott.ssa Elena Alessia De Roberto, [elenaalexia.deroberto@uniroma1.it](mailto:elenaalexia.deroberto@uniroma1.it) fino al 31.12.2019; dal 1.1.2020 dr.ssa Stefania Pontecorvo, [stefania.pontecorvo@uniroma1.it](mailto:stefania.pontecorvo@uniroma1.it))

Si informa che il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica rimarrà chiuso nel periodo dal 23 al 27 dicembre compresi, eventuali richieste di chiarimento inviate in questo periodo verranno evase successivamente.

Avviso di pre-consultazione è stato inviato al GUCE

Il RUP

Ing. Roberta Marzellotta