

## INTRODUZIONE ALLA SCUOLA-CONVEGNO GIMO-98

**Paolo Inchingolo**

*Dipartimento di Elettrotecnica, Elettronica ed Informatica*

*Università di Trieste*

### **Premessa**

GIMO-98, l'edizione 1998 della Scuola e dell'Incontro biennale del Gruppo Italiano Movimenti Oculari (GIMO), si tiene a Trieste dal 24 giugno al 26 giugno 1998, presso l'Area di Ricerca di Trieste, sita sull'altipiano carsico, a 8 Km dall'Università di Trieste e a 10 Km dal centro della città. La scuola del GIMO per la prima volta viene tenuta nelle lingue italiana e inglese, con traduzione simultanea.

La manifestazione è curata congiuntamente dal Gruppo di Bioingegneria del Dipartimento di Elettrotecnica, Elettronica ed Informatica (DEEI) dell'Università di Trieste e dalla Divisione Oculistica dell'IRCCS Ospedale Infantile "Burlo Garofolo" (dott. Paolo Perissutti), con la collaborazione organizzativa del Centro Ricerche e Studi Tecnologie Biomediche e Sanitarie (CRSTBS) dell'Area di Ricerca di Trieste.

Il Tema della Scuola GIMO-98 è la coordinazione dei movimenti binoculari. Le lezioni sono intervallate da due Tavole Rotonde e da un Workshop. Nella prima delle due Tavole rotonde sarà dibattuto il tema del Ruolo del cervelletto nel controllo dei movimenti oculari e nella seconda sarà trattato il tema della Correzione dell'allineamento degli occhi e della binocularità.

Nella tradizione *interdisciplinare* del GIMO, i temi spaziano **dalla fisiologia, dalla bioingegneria e dalla psicologia sperimentale alle cliniche oculistica, neurologica e otorinolaringoiatrica e alla robotica antropomorfa.**

In occasione di GIMO-98 è stato realizzato il sito **WEB del GIMO**, ospitato su [www.tbs.trieste.it](http://www.tbs.trieste.it), server WWW del dominio di Tecnologie Biomediche e Sanitarie di Trieste (CRSTBS) e su [gnbts1.univ.trieste.it](http://gnbts1.univ.trieste.it), server WWW del dominio di GNBTS (l'unità di Trieste del Gruppo Nazionale di Bioingegneria del CNR).

Per favorire la partecipazione di studenti, di giovani ricercatori e professionisti a GIMO-98, nonché per offrire un'occasione di incontro tra culture diverse, fondamentale per la conduzione di attività per loro natura largamente interdisciplinari, l'iscrizione alla Scuola è stata gratuita (per tutte le iscrizioni pervenute entro il 10 giugno 1998). Gli iscritti a GIMO-98 sono più di 120, dei quali circa 60 partecipano a tutte le sessioni.

Dai lavori della Scuola, delle due tavole Rotonde e del Workshop, incluse le discussioni, saranno realizzati il Volume 1998 in lingua italiana della Collana GIMO - Patron Editore e, in lingua inglese, il primo volume della Collana Multimediale GIMO che sarà realizzata sui siti Internet del GIMO: <http://www.tbs.trieste.it/GIMO> e <http://gnbts1.univ.trieste.it/GIMO> e su CDROM.

*From the Sessions of the School, of the two Round Tables and of the Workshop, included the discussions, two books will be produced: the Volume 1998, in Italian language, of the GIMO Collection – Patron Editor and, in English language, the first Volume of the Multimedial Collection of GIMO, which will be realized on the Internet sites of GIMO: <http://www.tbs.trieste.it/GIMO> e <http://gnbts1.univ.trieste.it/GIMO> as well as on CDROM.*

---

**GIMO-98**



**Area Science Park**

**Trieste, 24-26 giugno 1998**

DEEI, Università di Trieste

Div. Oculistica, IRCCS Burlo Garofolo

CRSTBS – Area Science Park

Il presente Volume di Atti raccoglie una sintesi di gran parte degli interventi (alcuni in due lingue). Per quelli qui non riportati, si rimanda alla più completa trattazione dei sopra citati libri in lingua italiana ed inglese.

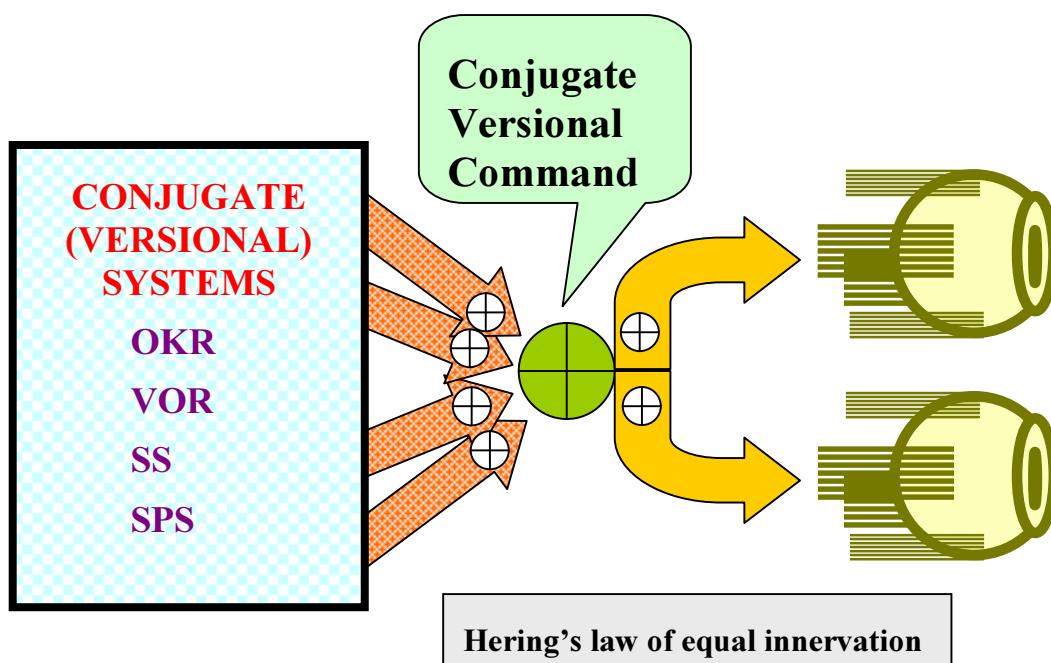
*This Volume of Proceedings contains a synthesis of most of the talks (some in two languages). Those here not reported will be found in the complete collection of the two books, in Italian and in English languages.*

GIMO-98 è stato realizzato con il supporto principale dell'Università di Trieste, dell'IRCCS "Burlo Garofolo", dell'INSIEL S.p.A., nonché dell'Area di Ricerca di Trieste, della PHARMEC S.p.A., del DEEI – Università di Trieste, del Centro Ricerche e Studi Tecnologie Biomediche e Sanitarie, dell'Unità di Trieste del Gruppo Nazionale di Bioingegneria del CNR e della Scuola di Specializzazione in Ingegneria Clinica dell'Università di Trieste.

## L'argomento della Scuola GIMO-98

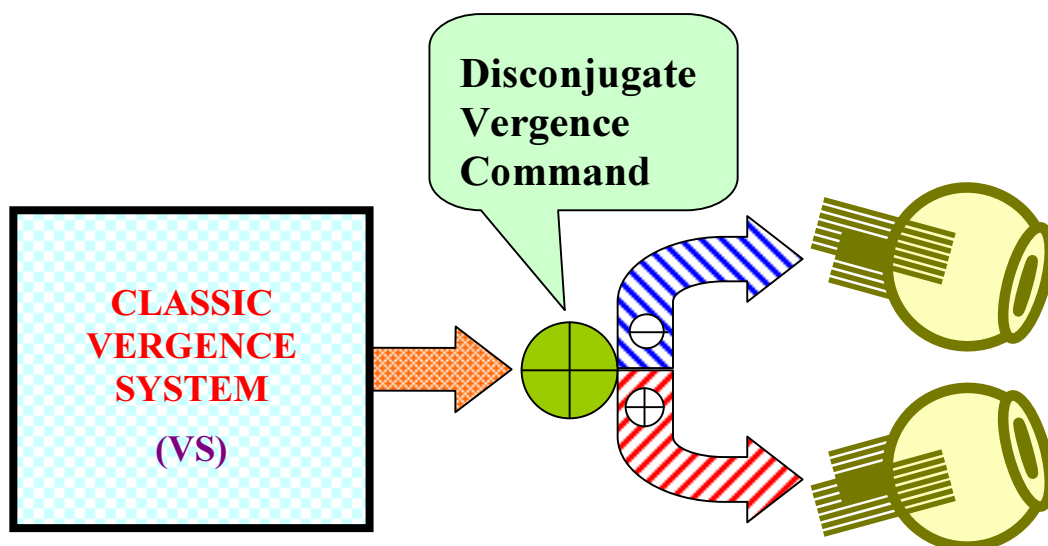
Nella serie di scuole biennali del GIMO si è trattato in generale il movimento dell'occhio "ciclopico". Ovvero si sono trascurati tutti quei fenomeni che diventano rilevanti nei casi in cui i due occhi non si muovano in modo perfettamente uguale.

In accordo alla legge di Hering (1868), per molti decenni si è supposto che l'innervazione ai due occhi fosse strettamente coniugata, ovvero che i muscoli corrispondenti dei due occhi (yoked pairs) ricevessero la stessa innervazione (stesso comando motorio in termini di andamento temporale della frequenza di scarica dei motoneuroni e delle fibre muscolari). In base a questa teoria, dunque, ritenuta per molto tempo universalmente valida, il muscolo retto mediale di un occhio riceve in ogni caso la stessa innervazione di quella inviata al muscolo retto laterale dell'altro occhio, e ciascuno degli altri 4 muscoli di un occhio riceve la stessa innervazione del suo omologo dell'altro occhio (ovvero i due retti superiori, ad esempio, hanno innervazione comune).



Come mostra la figura, questa stretta coniugazione nei comandi si pensava fosse propria di tutti i movimenti che tipicamente vengono svolti dai due occhi in modo consensuale, ovverossia dei movimenti generati dai sistemi saccadico (SS), di inseguimento lento (SPS), ottocinetico (OKR) e vestibolare (VOR).

Giacché i due occhi non sempre si muovono in modo consensuale e, in particolare, si muovono in prima approssimazione con spostamenti uguali ma opposti nel caso in cui venga modificata la profondità nello spazio alla quale fondere le due immagini retiniche, si è storicamente ipotizzata l'esistenza di un quinto sistema, denominato "sistema di vergenza" (VS), che si occupasse, in modo del tutto disgiunto dall'azione dei quattro sistemi coniugati, di modificare lentamente lo stato di convergenza/divergenza degli occhi per rispondere sopra descritta. Spesso questo sistema si è considerato agganciato in modo più o meno stretto ai sistemi di accomodazione e di costrizione pupillare (near triad). Tradizionalmente si è considerato limitato all'azione sul piano orizzontale, ove la necessità di convergenza è più evidente in quanto i due occhi nella testa sono disposti allineati sul piano orizzontale.



Le distinzioni fatte storicamente tra sistemi coniugati (VOR, OKR, SS e SPS) e sistema di vergenza (VS) hanno un principale, grande difetto: **si sono confuse le classificazioni dei movimenti con quelli dei sistemi neurali di controllo che li producono.**

In effetti, benché la gran parte dei movimenti dei due occhi risponda ad **una precisa esigenza di muovere gli occhi in modo coordinato e consensuale**, ciò **non** implica che i **movimenti dei due occhi siano perfettamente uguali tra di loro, ovvero che siano coniugati**, cioè:

**Binocular Coordination  $\neq$  Binocular Conjugation**

Inoltre detta **disuguaglianza** deve essere considerata sia per quanto **concerne i movimenti effettivi dei due occhi**, sia per quanto **concerne i segnali di innervazione inviati a ciascuno**

**occhio**, o peggio ancora, **ciascuna sestupla di muscoli extraoculari di ciascun occhio**.

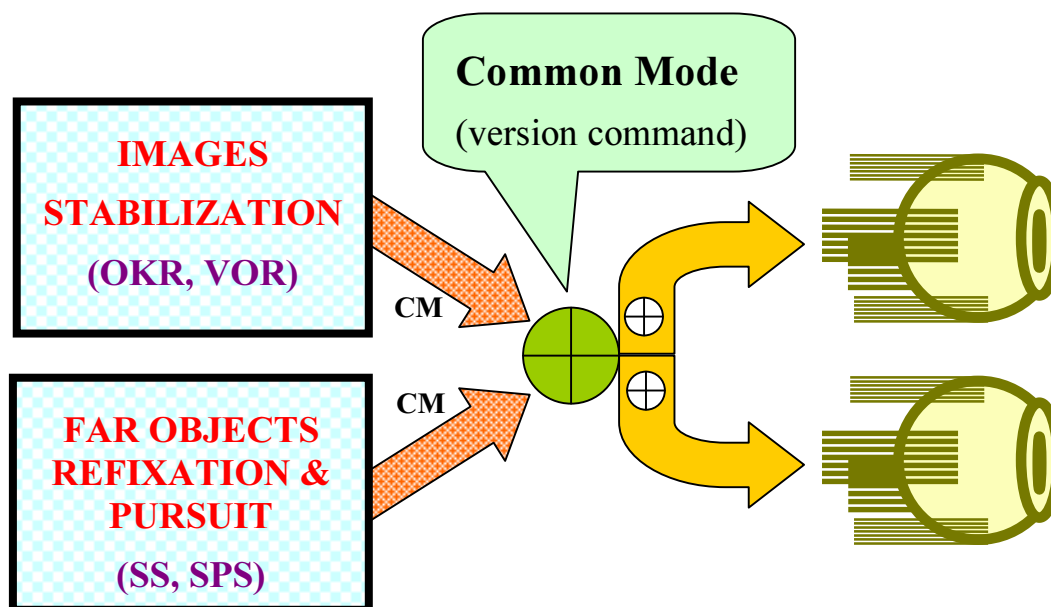
Procedendo per passi, prendiamo prima in considerazioni la differenziazione tra movimenti dei due occhi **per azioni binoculari coniugate**, evidenziando in quali casi i movimenti sono coordinati e consensuali richiesti sono anche strettamente coniugati.

Due sono essenzialmente i tipi di azioni coniugate:

1. la **stabilizzazione** delle immagini sulla retina (dovuta ai **meccanismi sotto-corticali** dell'OKR e del VOR)
2. il **rifissamento** o l'**inseguimento** di un oggetto (dovuti rispettivamente ai **meccanismi corticali** dell'SS e dell'SPS)

I meccanismi di **stabilizzazione** sono per loro natura approssimativi, e quindi in ogni caso essi vengono attuati con comandi tipicamente uguali (coniugati), ed i **movimenti dei due occhi** che ne conseguono sono pure essi **in larga misura coniugati**

I meccanismi di **rifissamento** e di **inseguimento lento**, viceversa, richiedono **movimenti uguali dei due occhi solo se il piano di fissazione è molto lontano**.



Possiamo esprimere il controllo di questi movimenti, puramente coniugati ovvero di pura versione, come un **controllo di modo comune (common mode)**, ovvero identico per i due occhi.

E' evidente che l'identità del segnale effettivo innervazionale sui due occhi sarà verificata solo nel caso in cui i due occhi richiedano realmente lo stesso segnale per lo stesso movimento: **ma può accadere che i due occhi abbiano caratteristiche molto differenti uno dall'altro** e che di conseguenza il **segnale di modo comune sia presente sui due occhi con intensità innervazionale differente**, grazie ai noti meccanismi adattivi di compensazione.

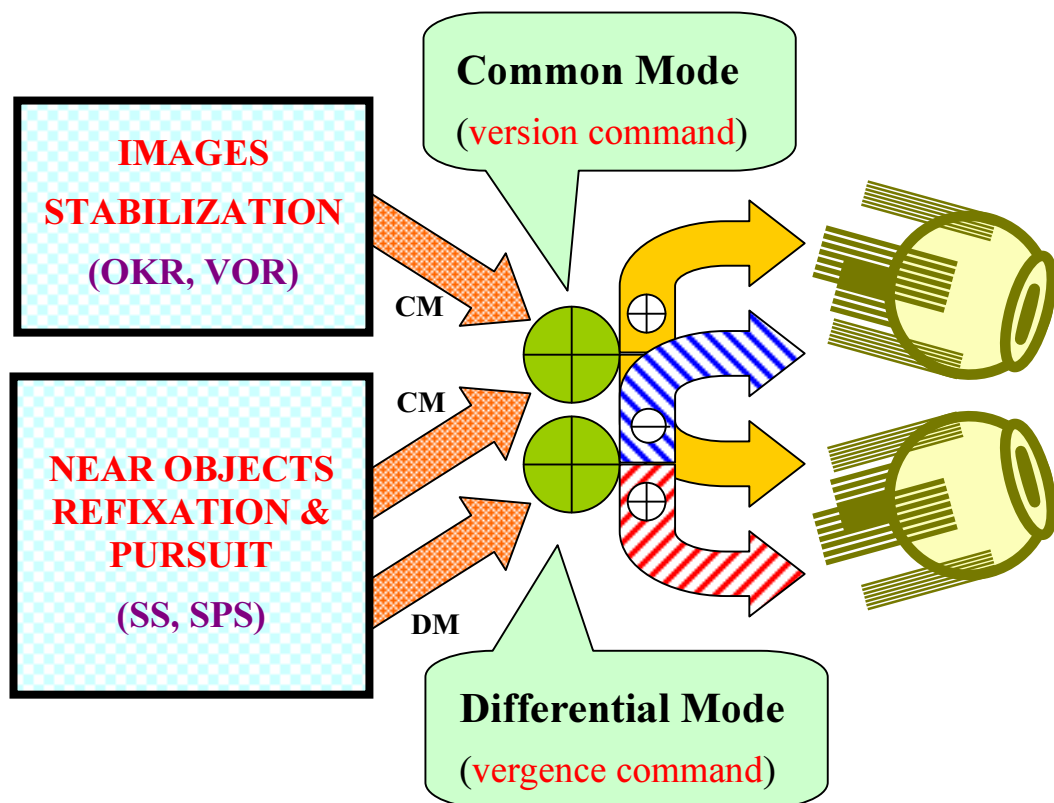
Va ancora considerato il fatto che stiamo qui parlando di **un segnale di controllo** inviato a ciascun occhio, mentre **in realtà** ogni occhio richiede ben **sei segnali di controllo**, uno per ciascun

muscolo.

Appare superfluo sottolineare che i **sei muscoli sono tutti differenti** uno dall'altro, e che di conseguenza ciò risulta tradursi in un **ulteriore richiesta di differenziazione** del reale segnale di controllo tra due muscoli di una coppia corrispondente nei due occhi (yoked pair), al fine di produrre realmente dei movimenti coniugati.

Nel momento in cui i due sistemi corticali sono impegnati **in azioni di rifissazione o di inseguimento lento a distanza ravvicinata**, ci si rende conto che **il coordinamento dei due occhi non è più un semplice (si fa per dire) controllo di movimenti coniugati**.

E' evidente, ad esempio, che se i due occhi devono spostare il punto di rifissazione da una posizione lontana a destra in alto ad una posizione più vicina in centro, i due occhi dovranno fare saccadi di dimensione differente. La situazione che si viene in questo caso a creare è rappresentata dalla figura che segue:



In questo caso, ad **un segnale di modo comune**, che corrisponde al comando composto di versione dovuto ai due sistemi sottocorticali di stabilizzazione delle immagini e all'azione coniugata dei sistemi corticali saccadico e di inseguimento lento, si deve **sovrapporre un segnale differenziale**, che corrisponde ad un comando composto di vergenza, che è dovuto ai soli sistemi corticali SS e SPS.

Mentre il segnale di modo comune viene inviato (a parte tutti i discorsi di compensazione già fatti per i movimenti all'infinito) con lo stesso segno ad ambedue gli occhi, quello **differenziale viene**

**inviato con segno opposto** ed ha quindi un effetto di convergenza o di divergenza.

E' chiaro che queste componenti di comando di vergenza producono componenti di vergenza dei movimenti che hanno caratteristiche simili a quelle dei corrispondenti movimenti di versione: ovvero la componente di vergenza di una saccade è veloce ed ha le caratteristiche grosso modo simili a quelle delle componenti di versione delle saccadi.

Un punto di grande dibattito risulta ora essere la modalità con cui le componenti di versione e di vergenza sono realizzate a livello del sistema nervoso, ovvero:

1. Possediamo sistemi di vergenza e sistemi di versione che sovrappongono solo sulla via finale i loro segnali (rispettivamente di modo differenziale e di modo comune), come vari dati fisiologici potrebbero far pensare, quali l'esistenza di burst saccadici (segnali di controllo di velocità) di vergenza accanto a quelli ben noti di versione?
2. Oppure ciascun sistema specializzato produce il segnale composito (modo comune + modo differenziale) per ciascuno dei due occhi, come alcune teorie, quali quelle di Dall'Osso propongono?
3. O, più realisticamente, la situazione è intermedia tra le due?

