

# Capítol 2

Marc Teòric

i

Estat de l'Art

*“You will never be able to discover new oceans  
unless you have the courage to lose sight of the shore.”*

Hannah Whitall Smith

## Capítol 2. Marc Teòric i Estat de l'Art

### 2.1.- Introducció

En aquest capítol farem referència als aspectes teòrics relacionats amb el desenvolupament de l'ergonomia i exposarem les últimes tendències i innovacions que s'estan fent en el camp de les interfícies. A vegades és complicat parlar de l'estat de la qüestió en una tesi, sobretot quan es tracta de diferents aspectes molt relacionats. Així, considerant que aquesta tesi tracta sobre el disseny d'interfícies per a un robot teleoperat, presentarem un estudi de cada un dels elements que participen en aquest projecte.

Començarem per parlar dels antecedents de l'ergonomia i de les seves diferents etapes. També tractarem el tema de les interfícies persona-ordinador, HMI (*human machine interface*), i farem un repàs d'algunes de les interfícies utilitzades en sistemes teleoperats de robots.

### 2.2.- Ergonomia

Des de sempre l'ésser humà ha intentat millorar el seu entorn, modificant-lo per poder-lo usar o per comoditat. Al començament, totes les adaptacions i modificacions van començar d'una forma empírica. Aquesta adequació s'ha fet constantment i ininterrompudament fins als nostres dies, alhora que també s'ha anat modificant l'entorn per millorar-ne l'eficiència.

Els estudis que permeten millorar els sistemes per facilitar l'ús de l'entorn a l'ésser humà són una part de l'àrea de treball de l'**ergonomia**. Aquesta disciplina estudia el criteri de productivitat i, alhora, també tracta la càrrega de treball. Els nord-americans fan servir el concepte de *human engineering*, si bé, bàsicament, s'ocupen només de la productivitat. Així, l'ergonomia és un concepte ampli que busca la satisfacció global de l'ésser humà tenint en compte les condicions de treball, la càrrega psicològica, la disposició de les eines i els equips al voltant de l'usuari, i les condicions ambientals (la ventilació, la il·luminació, el soroll, etc.). En conjunt, la bona gestió d'aquests aspectes redueix la càrrega física i mental.

#### 2.2.1.- Evolució Històrica de l'Ergonomia

L'evolució de l'ergonomia [WAR 93, ROD 94, MÓN 99] es pot dividir en tres etapes:

- **Intuïtiva:** des del començament de la història de l'ésser humà (des dels primers assentaments del Paleolític) fins als inicis de la revolució industrial (3000 aC-1750 dC). En aquest interval l'ésser humà se les enginya per viure i ordenar el seu entorn.
- **Científica:** des de la revolució industrial fins a la Segona Guerra Mundial (1750-1945). Comencen els estudis per millorar la productivitat de l'ésser humà.
- **Humanista:** des de la Segona Guerra Mundial fins a l'actualitat (des de 1945 fins ara). Els estudis ergonòmics fins i tot estudien les facilitats en el món del treball i en la vida quotidiana.

A continuació estudiarem cada un dels casos descrits.

##### 2.2.1.1.- Etapa Intuïtiva

Durant el Neolític l'ésser humà comença a crear les seves pròpies eines a fi d'ampliar les seves limitades funcions humanes. Aquesta època es caracteritza per l'intent de satisfer les necessitats

bàsiques: alimentació, protecció i defensa. Així, l'ésser humà fabrica eines diverses (rudimentaris instruments manuals) per caçar, treballar la pell i defensar-se. A poc a poc, l'ésser humà anirà construint més coses per adaptar-se al món i dominar-lo. Per fer-ho, construirà eines, armes, cases, vaixells i molts instruments que l'aniran substituint en les activitats difícils.

Aquesta proliferació d'eines, màquines i entorns de treball fets per l'ésser humà i per a l'ésser humà no respecta les normes més elementals de seguretat, confort i salut de l'usuari. Aquesta etapa es caracteritza perquè les peces i els treballs només busquen una funcionalitat de la qual abans l'ésser humà no disposava i, per tant, no hi ha una consciència de confort o adaptació pensada per als usuaris. Així, aquesta etapa es considera d'ergonomia intuïtiva i inconscient: les coses només serveixen per elaborar coses.

### **2.2.1.2.- Etapa Científica**

A partir de la revolució industrial l'ésser humà comença a tenir consciència de les seves limitacions físiques. El 1829 Dupine defensava la necessitat d'ajustar les eines a l'ésser humà i no a l'inrevés, i el 1850 Marx comentava la deshumanització del treball, ja que era la màquina la que imposava el ritme de treball. Laville també feia esment de les dificultats dels usuaris per adaptar els músculs, l'alçada, els reflexos, la posició, etc. a les característiques de la màquina. Els inicis de l'etapa científica es caracteritzen per la preocupació de l'eficàcia mecànica. A començaments d'aquest segle Taylor presenta uns dels treballs més importants per a l'ergonomia (i per a l'inici de la gerència científica). El seu treball demostra l'increment de productivitat gràcies al control i la direcció dels esforços del treballador tot mesurant els temps de treball en les diferents activitats. Posteriorment, Gilbreth arriba a la conclusió que existeix un nombre òptim de moviments per a cada activitat, per la qual cosa es pot obtenir la màxima eficàcia en el menor temps possible. Gràcies a aquest plantejament, que va rebre el nom d'"organització científica del treball", es va implementar i desenvolupar la producció en sèrie i el treball en cadena. Ara els treballadors són considerats, sota aquest enfocament, com una part integral de la màquina: l'ésser humà és una màquina que produeix. Una característica d'aquesta etapa és reduir al màxim els elements d'espontaneïtat tot imposant normes rutinàries de ritme i producció. La màquina és una autoritat impersonal.

Després de la Primera Guerra Mundial, l'opinió pública pren consciència dels aspectes fisiològics de les condicions de treball: la fatiga, el soroll, la temperatura, el degradament de les condicions d'higiene i seguretat, etc. Llavors es comença a considerar que l'ésser humà no és una extensió de la màquina, sinó que forma, juntament amb aquesta, un sistema on s'integren els aspectes materials del lloc de treball. Un d'aquests aspectes és el conjunt de factors humans del treballador, però des de la perspectiva de mesurar la fatiga. Als anys vint, als Estats Units es va fundar el Consell per a l'Estudi de la Fatiga a la Indústria (Industrial Fatigue Research Board), que va treballar estretament amb el Consell per a l'Estudi de la Sanitat Industrial (Industrial Health Research Board), inicialment conegut com Institut Nacional de Psicologia Industrial (National Institute of Industrial Psychology).

Els primers treballs científics en aquest sentit els va fer Mayo entre els anys 1927 i 1939. Mayo va demostrar que els treballadors s'involucren materialment i mentalment en el desenvolupament de la seva feina. Kalfi afirma que només es poden crear bones condicions laborals si es consideren tots els factors que les determinen. Així, al binomi persona-màquina s'hi incorpora un altre element: l'entorn, que ara constitueix la base de l'ergonomia actual. Els treballs de Ginzberg determinen la importància de millorar l'entorn per estimular el treball. Le Guern i Norville apliquen l'ergonomia per modificar els llocs de treball en funció dels usuaris.

### **2.2.1.3.- Etapa Humanista**

El 1945 l'exèrcit nord-americà sol·licita a un equip multidisciplinari, format per metges, estadístics, dissenyadors i psicòlegs, que estudiï la poca efectivitat dels sofisticats i costosos equips militars. Així, s'estudia la problemàtica dels soldats que treballen en condicions límit i que no estan gens

preparats per fer servir els equips avançats. A partir d'aquest estudi s'introdueixen modificacions en el disseny dels equips per facilitar-ne l'ús i adaptar-los a les característiques físiques i psíquiques dels operadors. Un cop acabada la guerra es comença a aplicar aquesta experiència a les condicions de treball, però amb un nou enfocament: l'ésser humà en activitat. Ara es té en consideració la relació interactiva entre les condicions de treball (entorn) i els treballadors, que s'estudien com una unitat total. Els bons resultats d'aquesta experiència van impulsar l'aplicació de l'ergonomia a tots els camps d'actuació, cosa que va fer que, als anys cinquanta, es redissenyessin tots els objectes, artefactes i equips d'ús comú per adequar-los a les necessitats, característiques i limitacions dels usuaris potencials. Ara l'ergonomia havia arribat a l'adequació dels objectes quotidians.

Les ciutats, després de la guerra, van tornar a créixer, però d'una forma inhòspita i inhumana, i tampoc no es van escapar de la necessitat d'aplicar-hi l'ergonomia. Aquesta situació va motivar una concepció mediambiental, urbana i arquitectònica a la mida humana. Tal com planteja Mitschervich, ara l'ésser humà és inseparable de la ciutat i dels centres de producció. Així, l'ergonomia comença a cobrir la totalitat de l'entorn habitable amb l'objectiu de millorar la qualitat de vida de l'ésser humà.

El 1962 se celebra a Estocolm el I Congrés Internacional d'Ergonomia (I International Congress of Ergonomy), en el qual participen investigadors de totes les àrees. Ara l'ergonomia comença a tenir una acceptació més gran, fins i tot des del govern. Així, el 1974 es crea al Regne Unit el Work Research Unit, amb l'objectiu de desenvolupar, fer recerca, difondre i assessorar les empreses en el camp de la millora de la qualitat de vida en el treball. El 1975 es crea als Estats Units el National Center for Productivity and Quality Work. A Espanya l'interès per l'ergonomia es manifesta el 1977 amb motiu de la celebració del VII Congrés Internacional de l'Associació Europea de Direcció de Personal, en el qual es tracta el tema de "la humanització del treball". Com es pot veure, aquests darrers anys l'ergonomia ha passat a ser una ciència d'ús generalitzat a l'àmbit laboral i a tot l'entorn habitable.

## 2.2.2.- Aplicació de l'Ergonomia en l'Àmbit Industrial

Com ja hem comentat, l'ergonomia és una ciència aplicada que es basa en la investigació multidisciplinària i que estudia quina és la millor relació entre l'entorn i l'usuari. Per aconseguir millorar-la cal fer una investigació científica que permeti reunir les proves necessàries. A fi de reunir-les, es poden utilitzar els següents mètodes:

- **Mètodes subjectius:** són els mateixos treballadors del sistema els que aporten la informació i fan l'avaluació de les condicions de treball. Així doncs, aquest mètode s'ha de limitar a la recollida i l'anàlisi d'enquestes de valoració.
- **Mètodes objectius:** són els investigadors els que, amb els seus coneixements, defineixen i valoren les condicions de treball.

Segons quina sigui la investigació específica i les característiques del grup de disseny, s'aplicarà una metodologia o una altra. Si bé hi ha autors que consideren que les investigacions cal centrar-les en mètodes objectius a causa de l'ampli nombre d'especialistes que participen en el projecte, també és cert que molts dels projectes ergonòmics sempre inclouran una combinació de totes dues metodologies.

Cada metodologia fa servir un conjunt de dades que cal tenir en compte a l'hora de concebre-la. Aquestes dades poden ser factors del següent tipus:

- *Fisiològiques:* relacionades amb els processos metabòlics i amb les condicions ambientals necessàries per a la supervivència de l'ésser humà. Aspectes com la temperatura, la ventilació, etc., afecten la resposta dels usuaris.
- *Funcionals:* inclouen els aspectes morfològics i biomecànics que defineixen les capacitats operatives i funcionals de l'ésser humà. L'estat de salut i l'estat físic defineixen el rendiment.
- *Psicològiques:* inclouen els diferents tipus de percepció, comportament i personalitat psíquica de l'usuari.

Particularment, encara afegiria un altre conjunt de dades que aporta molta informació al disseny ergonòmic:

- *Intel·lectuals*: consisteixen els coneixements que tenen els usuaris sobre un entorn determinat. L'experiència i els coneixements dels usuaris permeten millorar-ne significativament seu rendiment en alguns camps.

En general l'ergonomia estudia els factors que incideixen en l'ús de l'entorn per l'ésser humà. Així, aquest factors deriven dels components del sistema, que poden ser inherents a algun del següents aspectes:

- Usuari: fisiològics, anatòmics, etc.
- Producte: objectes, artefactes, eines, equip, etc.
- Ús o activitat: escriure, conduir, etc.
- Ambient: il·luminació, ventilació, temperatura, etc.

### 2.2.3.- Interacció i Interfície

Segons alguns autors, cal diferenciar entre els conceptes d'interacció persona-ordinador i interfície persona-ordinador [BEN 88, MAD 90]. A continuació exposem les diferències entre aquests dos conceptes:

- *Interacció*: inclou tots els aspectes de l'entorn, com ara la distribució de l'oficina, la disponibilitat de manuals i ajudes, la forma i la dimensió del moble de treball, el disseny de la cadira, la il·luminació, la ventilació, l'entorn audible, etc.
- *Interfície*: és la part del sistema amb la qual l'usuari arriba a tenir contacte físic, perceptual o cognoscitiu, i es refereix a elements com ara el monitor, el programa d'interacció, els perifèrics d'entrada-sortida (ratolí, ratolí de bola, esfera, etc.) i altres.

La major part dels programadors que desenvolupen programes informàtics només defineixen la interfície, i aquest serà el camp de treball d'aquesta tesi, ja que la definició de tot l'entorn de treball moltes vegades és una variable molt difícil de controlar.

## 2.3.- L'Ergonomia en les Interfícies Interactives

Per elaborar acuradament el disseny d'una interfície d'usuari cal tenir en compte tant l'entorn de treball com el grup d'usuaris al qual està orientada la interfície persona-ordinador (HMI). Alhora, el disseny de la interfície també ha de ser acceptat per l'entorn i pels usuaris; per aconseguir aquest objectiu, cal que aquests dos paràmetres s'avaluïn entre si.

### 2.3.1.- Avantatges d'un Software Humà

Les noves tecnologies i formes de presentació ofereixen una nova panoràmica per explorar. En els seus inicis, a les dècades dels anys setanta i vuitanta, només es treballava per donar a l'usuari la informació disponible en qualsevol format, dintre de la tecnologia de l'època, i, sobretot, per minimitzar el temps de desenvolupament de les tasques. Des d'aleshores s'ha pogut observar una evolució lenta de l'HMI en la tecnologia: des de la presentació amb indicadors de llum dels primers circuits i computadors tipus ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), passant pels ordinadors tipus APPLE II amb interfície de text (on totes les dades s'han d'introduir manualment), fins avui dia, en què els ordinadors porten una interfície gràfica [PET 00, WAL 01].

Ara disposem de les eines informàtiques (software i hardware) per extreure informació de l'entorn i donar a la interfície el format de presentació més òptim. Aquest esforç en la millora de la interfície ens aporta els següents beneficis:

- Facilita el procés d'aprenentatge i resulta més agradable per a l'usuari.
- Permet adaptar l'experiència prèvia que té l'usuari (coneixements informàtics, conducció de vehicles marins, operació en sales de control, etc.).
- Permet ressaltar un cert tipus d'informació.
- Redueix el nombre d'errors de l'usuari.
- Permet que la capacitat i l'ús del sistema siguin màxims.
- Permet programar les tasques i rutes visualment i de forma interactiva.
- El sistema pot ser utilitzat per totes les persones que tinguin un mínim de coneixements sobre sistemes robòtics o sobre sistemes teleoperats; d'aquesta manera els usuaris normals (oceanògrafs, investigadors marins, etc.) es poden dedicar a tasques d'investigació.

### 2.3.2.- Avaluació i Factors Humans Mesurables

Per establir que una interfície és millor que una altra cal tenir en compte certs paràmetres que ens permetin comparar i determinar el grau d'acceptació de cada una. Cada usuari té els seus gustos i preferències, per la qual cosa normalment les interfícies són personalitzades. L'avaluació es fa per determinar el rendiment de l'usuari davant d'aquesta interfície quan realitza les tasques patró. Entre els paràmetres mesurables hi ha els següents:

- **Temps d'aprenentatge** (*time to learn*): temps que necessitarà un determinat usuari segons quin sigui el grup al qual pertanyi (edat, nivell de coneixements, sexe, etc.) per aprendre a fer servir els diferents comandaments o, almenys, els comandaments més importants del sistema.
- **Velocitat d'execució** (*speed of performance*): temps que necessitarà per aprendre a realitzar un conjunt de tasques.
- **Taxa d'errors per usuari** (*rate of errors by users*): quants i quina mena d'errors fan els usuaris durant les proves.
- **Satisfacció subjectiva** (*subjective satisfaction*): nivell de satisfacció dels usuaris amb la presentació i la utilització del sistema.
- **Retenció en el temps** (*retention over time*): temps que els usuaris poden retenir els coneixements sobre l'operativitat del sistema.
- **Funcions no utilitzades**: quines són les funcions importants del sistema que no seran utilitzades per l'usuari.

Un programador pot dissenyar una interfície específica per intentar facilitar només algunes operacions, sense considerar-ne d'altres. Per exemple, pot dissenyar un programa que doni "bones satisfaccions" com a principal objectiu i que es pugui desenvolupar en un temps raonable. Per exemple, podria passar que no li importés que l'usuari trigués temps a aprendre i, per tant, el programa podria tenir un conjunt de comandaments molt elaborats que facilitessin el disseny del programa. Tots els paràmetres de satisfacció d'ús d'un programa estan molt lligats, i per això moltes vegades és difícil definir el límit de cada un: un usuari pot considerar poc atractiu un programa que requereixi un temps d'aprenentatge llarg, o que sigui lent, encara que sigui estèticament atractiu; o bé pot dir que un programa que treballa de pressa és molt bo, encara que tingui una presentació pobre. Aquests conceptes els explicarem millor al capítol 5, on tractarem el tema de la utilització i de les formes d'avaluar aplicacions informàtiques.

### 2.4.- Visualització Mitjançant l'Ordinador

L'evolució dels ordinadors (capacitat de processament, quantitat de memòria, qualitat d'imatge, etc.) ens permet dimensionar nous camps d'investigació, entre els quals podem citar els següents:

- **Visualització:** es tracta de trobar la millor forma de presentar un conjunt de dades tot cercant alguna imatge o dissenyant alguna representació gràfica que ens permeti extreure'n alguna conclusió.
- **Gràfiques per ordinador:** utilitza l'ordinador per obtenir gràfiques virtuals. Es treballa en l'obtenció d'imatges amb textures, ombres, dimensionalitat real, etc., mitjançant algoritmes.
- **Processament de la imatge:** tècniques que s'apliquen a una imatge per facilitar-ne la interpretació i/o millorar-ne la qualitat.

A vegades és difícil establir un líndar que separi aquests camps, com passa a totes les àrees d'investigació. El realçament de contorns d'una imatge és un *processament de la imatge*, però també es podria veure com un algoritme que treballa sobre una base de dades (*gràfiques per ordinador*). També es podria dir que es tracta de la *visualització* dels contorns de la imatge. Per definir una mica més aquests conceptes, podríem dir que el processament d'imatges treballa sobre imatges reals, mentre que a les gràfiques per ordinador no existeix cap imatge inicial. En la visualització, tenim dos casos:

1. Tenim una sola base de dades i volem extreure'n més informació; aleshores podem disposar, com a mínim, d'un parell de gràfiques.
2. També podria ser que tinguéssim molta informació i que volguéssim representar-la en una sola gràfica. Aquest seria el cas d'allò que s'anomena *fusió d'informació*.

De tota manera, per obtenir el resultat desitjat sempre es pot treballar amb una combinació d'aquestes metodologies.

## 2.5.- Alternatives de Visualització

### 2.5.1.- La Realitat Virtual

La **realitat virtual** permet una representació tridimensional (o una simulació de tridimensionalitat) que possibilita a l'usuari interactuar amb les dades del seu entorn (dades informàtiques); d'aquesta manera l'usuari pot adoptar qualsevol punt de vista dins del món virtual i es pot "enfonsar" en l'activitat que està fent. Per exemple, la interfície del robot submari permet que l'usuari vegi el robot des de qualsevol punt de vista i pugui fer altres moviments que en la realitat costarien molt de fer o serien impossibles, com canviar les tonalitats de l'entorn, visualitzar el nord, etc. **La realitat virtual permet traspasar les fronteres de la realitat i aconseguir allò inimaginable, veure l'invisible i moure allò impossible.**

#### 2.5.1.1.- Antecedents de la Realitat Virtual

Les primeres experiències de realitat virtual es van iniciar el 1967, quan Ivan Surtheland va presentar la seva tesi *La pantalla definitiva*, on explicava la possibilitat de presentar imatges infogràfiques molt reals. Dos anys més tard presenta el seu primer casc ciberespacial *L'espasa de Dàmocles* [ABI, 92, BER 00]. La NASA va impulsar significativament aquest camp quan va desenvolupar simulacions de vols per preparar els pilots [BEJ 96]. Aquestes simulacions es feien en cabines operatives que tenien monitors que representaven el parabrisa de la nau. Avançats sistemes d'aquest tipus disposaven de tot un sistema hidràulic que donava moviment a la cabina i que se sincronitzava amb els moviments que feien els pilots amb els controls de la nau. La revolució del món virtual arriba amb el Ciberguant, dissenyat per Jaron Lanie el 1987 [KOT 92].

### 2.5.2.- Sistemes Multimedia

Els **sistemes multimèdia** fan servir diferents mètodes de presentació d'informació relacionada a l'usuari: text, imatges, so de fons (que permet una millor comprensió del missatge), accions associades al missatge que es vol comunicar, comandaments "intuïtius" que permeten un cert grau d'interactivitat, enllaços de text, etc. [EBE 94, FOR 95, CON 99, WAL 01]. Moltes de les pàgines que trobem a Internet fan servir un sistema multimèdia.

Els sistemes multimèdia permeten enriquir la informació que s'ha de presentar. D'aquesta manera l'usuari no només rep la informació a través de tots els sentits, sinó que també pot sentir-se estimulat a gaudir de l'ús del programa.

### 2.5.3.- Instrumentació Virtual

La **instrumentació virtual** és un altre concepte que cal explicar. Fa referència a la possibilitat de configurar el panell de control de qualsevol instrument (voltímetres, amperímetres, vatímetres, oscil·loscopis, registradores, etc.) mitjançant un software a la mateixa pantalla de l'ordinador. D'aquesta manera l'usuari pot veure l'instrument a la pantalla i fins i tot dissenyar les simulacions que li interessi de tota la planta (sempre que pugui llegir les dades dels sensors associats).

## 2.6.- Telerobòtica

Es pot dir que uns dels primers telemanipuladors mecànics es va desenvolupar als Estats Units, a l'Argonne National Laboratory, el 1948 [BUR 99]. Aquest sistema va ser un giny mecànic, anomenat habitualment "esclau" (*slave*), que duplicava els moviments d'un usuari que feia de "mestre" (*master*). Aquest concepte s'explica a la figura 2.1.

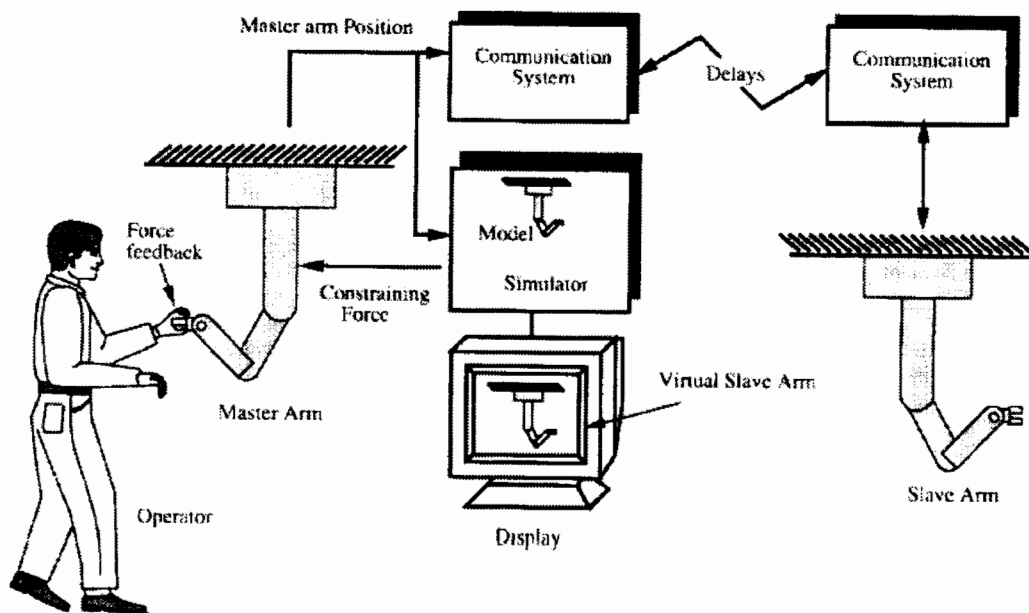


Fig. 2.1.- Il·lustració del Sistema de Teleoperació [KOT 92]

La introducció dels motors elèctrics i dels seus controladors per actuar sobre els manipuladors va permetre separar la distància entre aquests i, a la vegada, es va introduir un nou terme en el món de la telemanipulació: la telepresència, és a dir, el fet de treballar en un lloc controlat des d'un indret més distant. La telerobòtica s'introdueix com un sistema que soluciona els problemes de retard i d'operació causats per la separació entre el "mestre" i l'"esclau".

El creixement dels gràfics d'ordinador a partir de la meitat de la dècada dels vuitanta va facilitar el desenvolupament d'una nova forma de presentació de la informació que va suposar la possibilitat d'incloure gràfics més animats a les activitats de teleoperació i telerobòtica. Finalment, l'alternativa de visualització mitjançant la realitat virtual, desenvolupada a partir de la dècada dels noranta, va ser àmpliament acceptada en el món de la teleoperació [FIO 93, BEJ 96, FIO 98].



## 2.7.- Interfícies de Sistemes Relacionats

En aquest apartat analitzarem les interfícies de sistemes que estiguin relacionades amb el sistema objecte de l'estudi.

- Primer analitzarem les interfícies de sistemes aeris.
- Després analitzarem les interfícies per a sistemes teleoperats, com:
  - \* Braços robotitzats
  - \* Vehicles
- Finalment, analitzarem les interfícies per al control de sistemes robotitzats mitjançant eines de realitat virtual.

En el cas de sistemes robotitzats teleoperats, existeixen dos àmbits molt complets a la literatura científica: els braços robotitzats i els vehicles teleoperats. L'estudi de les interfícies d'aquests sistemes serviran per observar-ne les deficiències i orientacions

### 2.7.1.- Interfícies per a Sistemes Aeris

A la figura 2.2 presentem l'evolució dels panells d'avions des dels inicis, als anys cinquanta, fins als panells més moderns.

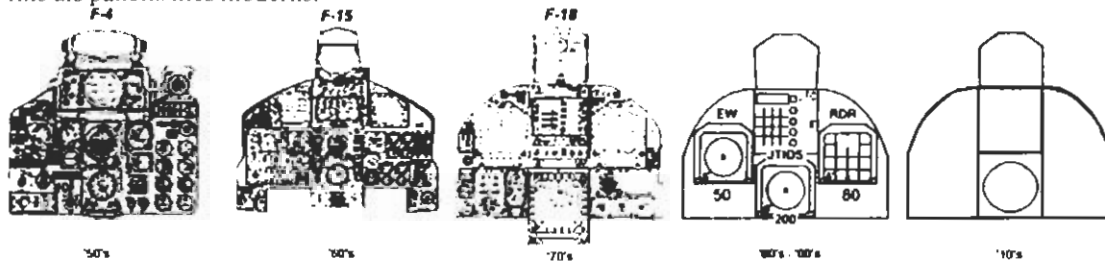


Fig. 2.2.- Quatre panells d'avions d'èpoques diferents [modificat d'ADAM 94]

Si analitzem l'origen i l'evolució dels diferents panells d'avions veiem que, al començament, hi havia molts pocs indicadors. Però les següents generacions de panells es van carregar amb una quantitat molt gran d'indicadors d'agulla i d'altres tipus. A la figura 2.2 es pot veure que, entre els anys cinquanta i seixanta, els panells d'avions tenien un gran nombre d'indicadors. Als anys setanta ja es té en compte la importància de treballar amb menys indicadors. Finalment, a la dècada dels vuitanta es veu la necessitat de fer indicadors multifuncionals que redueixin la quantitat d'expositors i permetin disposar d'indicadors més grans [ZRN 91, SUD 94].

A la figura 2.3a es pot veure el panell dels avions petits del futur d'acord amb la NASA <netn.hq.nasa.gov>. La figura 2.3b presenta els panells dels avions Eclipse actuals <www.eclipseaviation.com>. Es pot veure que en aquestes interfícies s'integren pantalles de dades grans (*very large display format*) amb dades de colors, i que moltes dades es presenten de forma simultània mitjançant la fusió de la informació.



a.- Pannell dels avions AGATE

b.- Pannell dels avions Eclipse

Fig. 2.3.- Pannell pels avions actuals

Els vehicles espacials tenen un panell de control una mica més complex, elaborat i avançat que els avions comercials normals. A la figura 2.4a presentem la interfície del transbordador Atlantis. Aquí podem veure que cada un dels pilots té quatre monitors grans i un monitor addicional al mig; això sense considerar els altres petits indicadors que hi ha al costat dels monitors grans. El futur de les interfícies d'aquest vehicles espacials és igual que el dels altres panells, és a dir, de reducció del nombre d'indicadors. L'empresa Star Chaser <www.star-chaser.co.uk> té previst enviar a l'espai un vehicle espacial reutilitzable. La figura 2.4b mostra com se suposa que es veurà aquest vehicle des de l'espai en la data estimada de llançament, l'any 2003. El més important és observar que aquesta interfície tindrà menys indicadors que les seves predecessores.



a - Pannell del transbordador espacial Atlantis

b.- Pannell del Thunderbird

Fig. 2.4.- Pannells dels transbordadors espacials actuals i del futur

Com a conclusió d'aquest apartat, podem dir que el nombre d'aquests indicadors s'ha anat reduint a poc a poc, no per eliminar informació, sinó per presentar-la d'una forma més entenedora. És desitjable una qualitat més bona de la informació que es presenta, i també la quantitat justa d'indicadors amb el format adequat.

## 2.7.2.- Interfícies per a la Teleoperació de Braços Robotitzats

Els braços robòtics són una part dels recursos avançats més emprats a la indústria. La seva funció està orientada bàsicament a la substitució de molts dels treballs manuals en què abans treballava l'ésser humà.

### 2.7.2.1.- El sistema MEISTER

El sistema MEISTER (*Model Enhanced Intelligent and Skillful Teleoperational Robot*), d'origen japonès, és una mostra de la importància de fer servir tots els sentits en l'operació encomanada. La figura 2.5 mostra el sistema: un braç robotitzat principal i un altre d'esclau. Per al comandament d'aquest sistema es disposa d'un monitor de comandament i d'un sistema de captació de veu per al comandament oral. El retorn de la informació es fa mitjançant un sistema de vídeo i àudio.

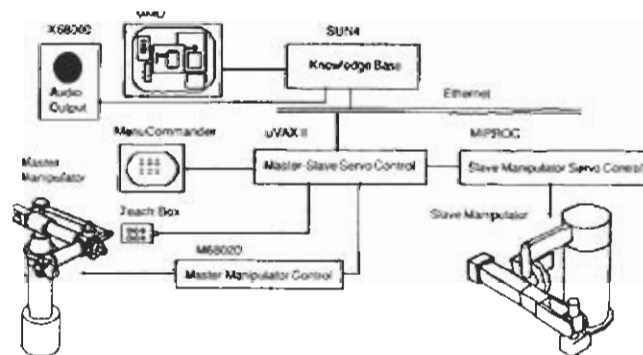


Fig. 2.5. Sistema MEISTER [HIRAI et al 92]

### 2.7.2.2.- Les Interfícies del Laboratori JPLATOP

El laboratori JPLATOP (Jet Propulsion Laboratory Advanced Teleoperation) ha desenvolupat alguns dels sistemes teleoperats més avançats del món. Entre les primeres interfícies desenvolupades hi ha la de la figura 2.6. Es tracta d'una interfície molt completa i sofisticada per al comandament de dos braços robotitzats (figura 2.8). Aquesta interfície disposa de sis monitors a fi de presentar totes les dades que es podrien necessitar.



Fig. 2.6.- Interfície del sistema robotitzat en JPLATOP [F10 93]

Cada un d'aquests monitors té una funció molt específica; aquest sistema utilitza sis monitors diferents: tres monitors sembla que aporten diferents punts de vista, i els altres tres estan subdividits en petites finestres amb diferents tipus d'informació (text, gràfies, figures, histogrames, imatges virtuals, etc.). Tot això dificulta la comprensió d'un usuari bàsic. Aquest sistema també requereix un teclat per a la introducció de comandes i disposa d'un sistema de captació i retorn de dades audibles i de força (figura 2.7).



Fig. 2.7.- Usuari treballant amb una interfície similar a la fig. 2.6 [LFE 93]



Fig. 2.8.- Braç robotitzat controlat pel sistema fig. 2.7 (Sistema STELER)

En aquest mateix laboratori s'han desenvolupat altres sistemes pel control de braços robotitzats <[http://ramier.hq.nasa.gov/telerobotics\\_page/photos.html](http://ramier.hq.nasa.gov/telerobotics_page/photos.html)>. A la figura 2.9 presentem un robot d'inspeccions (RSI), i a la figura 2.10 se'n mostra la interfície d'operació. Aquesta interfície té més de quinze finestres de dades, moltes de les quals estan en format numèric i analògic; també li ha una finestra amb una imatge virtual d'operació i botons de control per tot arreu.

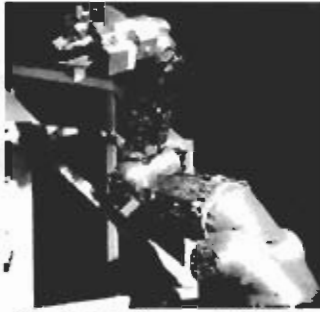


Fig. 2.9.- Robot d'inspecció (RSI)

Fig. 2.10.- Interfície de control del robot d'inspecció →



**2.7.2.3.- El Telerobot a Internet <<http://telerobot.mech.uwa.edu.au/>>**

Els professors Taylor, Trevelyan i Dalton, del Departament d'Enginyeria Mecànica de la Universitat de l'Oest d'Austràlia, van desenvolupar un robot teleoperat per Internet: <http://telerobot.mech.uwa.edu.au/> [TAY 95, TAY 97]. Aquest braç robotitzat (figura 2.12) es pot controlar des d'una finestra de l'ordinador remot sempre que es tingui una bona connexió de xarxa. El programa es pot carregar com un navegador (*browser*) o com una aplicació (*applet*).



Fig. 2.11.- Esquema operatiu del robot per Internet



Fig. 2.12.- Braç robòtic, controlat des d'Internet <<http://telerobot.mech.uwa.edu.au/pics.html>>

Se suposa que els usuaris han de poder jugar amb el robot fent servir qualsevol navegador d'Internet (figures 2.13 i 2.14). Les imatges es transfereixen en temps real. La interfície que es carrega com una aplicació la presentem a la figura 2.13. La interfície de navegador no va funcionar gaire bé (figura 2.14). A la figura 2.11 presentem l'esquema operatiu del robot i els elements que el componen.

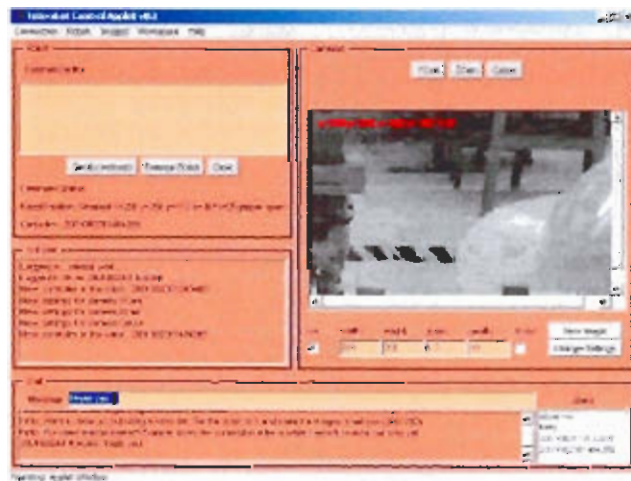


Fig. 2.13.- Interfície de Teleoperació per Internet del robot d'Austràlia

Com es pot veure a la figura 13, la finestra d'usuari està dividida en sis seccions. La secció de comandament permet escriure-hi comandes i efectuar el control del robot en temps real. Òbviament, l'usuari ha de conèixer tots els comandaments. La secció de consola permet rebre informació del robot i dels estats del sistema (informació tècnica de les càmeres, etc.). La secció de la imatge permet veure què està fent el robot (també aquí la qualitat i el refrescament de les imatges depenen de la velocitat de la xarxa). La secció de xat permet parlar amb un operador humà a l'altre costat del sistema. Fins i tot s'hi poden veure les persones que hi ha connectades i parlar-hi.

El sistema ofereix totes les dades en forma numèrica; fins i tot hi ha dades que es presenten a sobre de la finestra de la imatge del robot. Com que el sistema treballa a sobre d'un navegador d'Internet, l'usuari ha de prémer el botó de Send o Change new settings cada vegada que vol fer alguna operació, i el temps de resposta variarà en relació amb la càrrega de la xarxa.

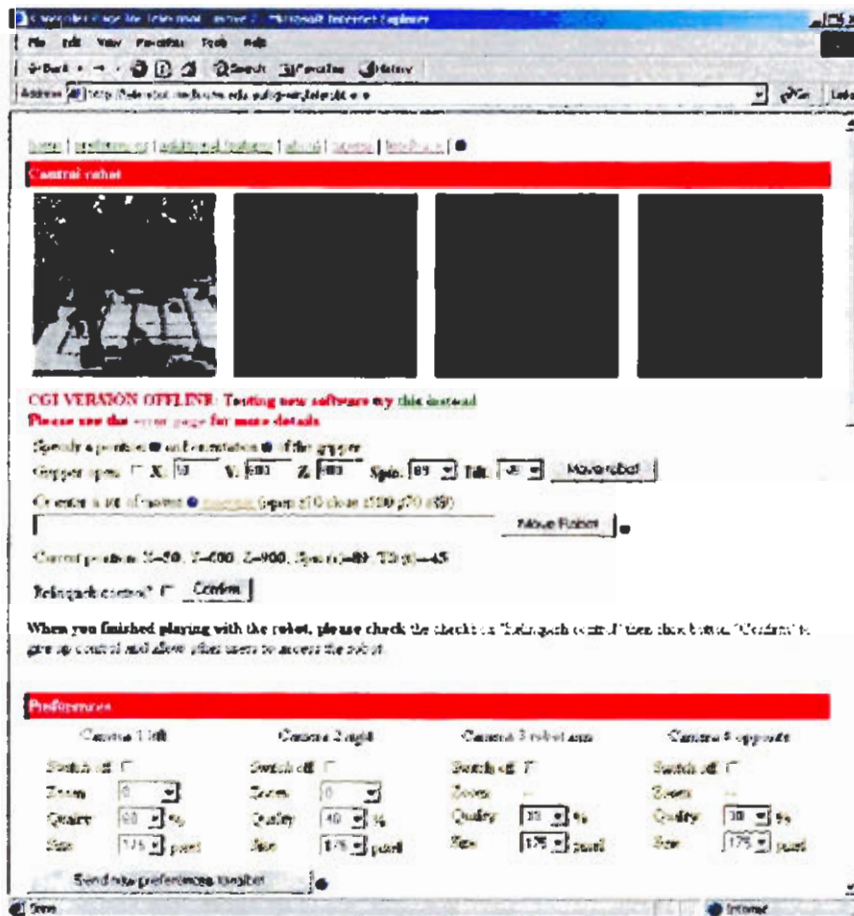


Fig. 2.14.- Interfície de teleoperació per Internet del robot d' Austràlia fent servir l'EXPLORER

La interfície que utilitza el navegador d'Internet (figura 2.14) no va funcionar gaire bé a l'ordinador de prova (potser a causa de la velocitat de la meua xarxa, de 56 Kbps). Les imatges dels altres tres quadres no van sortir en cap dels intents de connexió que es van fer. Aquesta interfície és una mica més complexa, ja que permet el control de cada una de les càmeres. La resta d'informació és gairebé semblant a la de la primera interfície (figura 2.13).

#### 2.7.2.4.- Sistema ARSIA (Aerospace Robot System for Aoba Arm)

El 1997, Yuichi Tsumaki va presentar un sistema elaborat per controlar sistemes teleoperats espacials. Aquest sistema estava basat en la realitat virtual [TSU 96 i TSU 97]. El sistema ARS/A (Aerospace Robot System for Aoba arm) és un mètode de prova per a sistemes espacials teleoperats

des de la Terra (vegeu la figura 2.15). El treball estava orientat a reduir les interferències causades pel retard del senyal i a fer un sistema més estable (sobretot per augmentar la seguretat de les operacions espacials).



Fig. 2.15.- El Sistema ARS/A per a teleoperació espacial [TSU 96]

Aquest sistema estava controlat des de la Terra per la interfície que es veu a la figura 2.16. Similar a la interfície del sistema DARTS, a la pantalla podem veure que els controls estan a la dreta (cosa normal per als orientals). La pantalla es compon de quatre finestres ben definides: una secció d'imatge virtual, una secció de dades internes, una finestra per a la programació i la interacció per comandes del robot i una finestra amb les imatges reals.

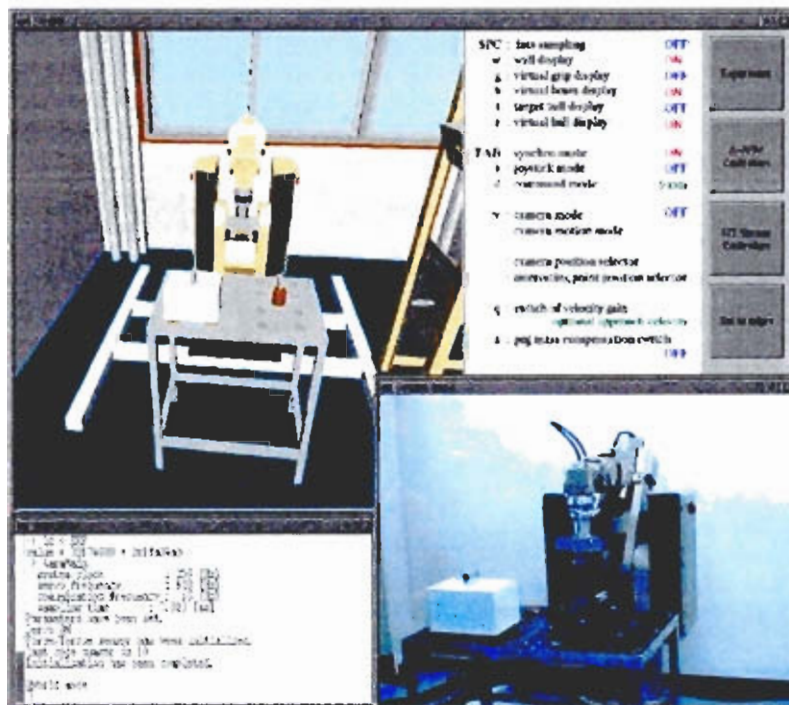


Fig. 2.16.- Interfície d'usuari del sistema ARS/A [TSU 96]

#### 2.7.2.5.- Sistema VEMI (Virtual Environment Manipulator Interface)

El 1997, Kaber, Zhou i Song presenten una interfície que fa la funció d'una interfície econòmica per a proves de teleoperació per a la investigació dels factors humans [KAB 97a]. Aquesta interfície també serveix com a eina en aplicacions nuclears [KAB 97b]. Aquest sistema es va anomenar VEMI: Virtual Environment Manipulator Interface (interfície de manipulació per a entorns virtuals). Estava

constituït per un braç robotitzat PUMA controlat per una interfície virtual (figura 2.17) que, d'acord amb els resultats d'aquest grup, va permetre millorar la teleoperació i el control del robot.



Fig. 2.17.- Interfície virtual d'operació del robot VEMI

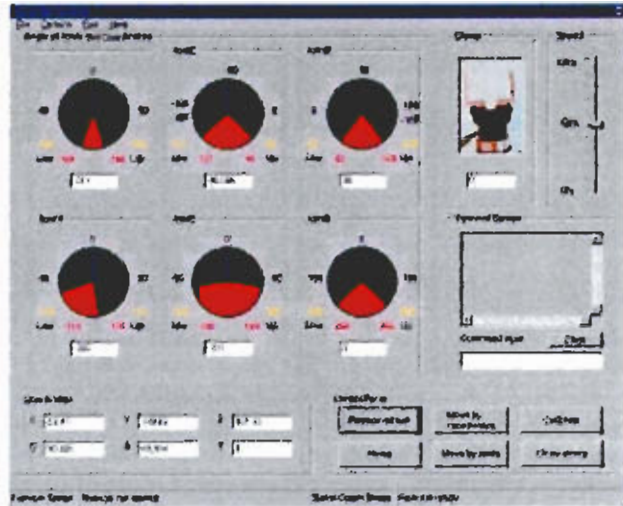


Fig. 2.18.- Interfície de control del sistema robotitzat VEMI →

La interfície de manteniment del sistema VEMI es mostra a la figura 2.18. Com es pot veure, aquesta interfície té totes les variables necessàries per configurar el robot de forma visual i numèrica. Si bé les dades presenten finestres molt definides, cal tenir un alt grau de concixements tècnics per fer servir el sistema.

**2.7.2.6.- Sistema Telerobot VR**

El 1999, Soon, Hong i Kuen van presentar una interfície per al telecontrol d'un robot a partir d'un sistema connectat a Internet [TAN 98, 99]. El sistema permetia la visualització de totes les operacions del robot en una xarxa de 100 Mbps (figura 2.19).

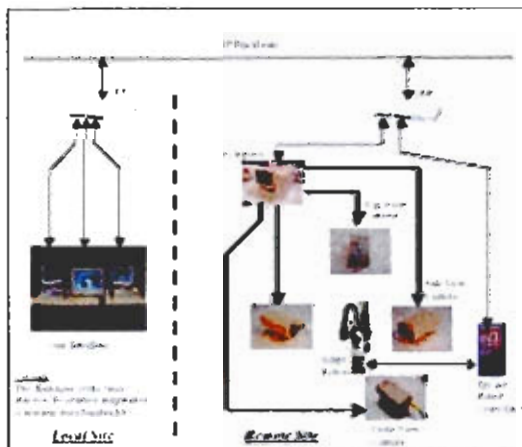


Fig. 2.19.- Diagrama del sistema VR [TAN 98]



Fig. 2.20.- Interface d'usuari [TAN 99]

La interfície d'usuari del sistema Telerobot VR (figura 2.20) s'utilitza per a la teleoperació, per al diagnòstic i per a treballs de manteniment. Com es pot veure a la interfície, hi ha tres monitors per controlar i visualitzar les operacions del robot; una de les pantalles té una finestra basada en realitat virtual a fi de veure les operacions del braç teleoperat; per altra banda, tots els controls estan al costat esquerre de la interfície. Tots els indicadors presenten les dades en forma numèrica. Al centre de la pantalla hi ha un controlador numèric, i els controls de perspectiva del món virtual són al centre de la part de baix de la imatge del robot. L'usuari pot saber, fins i tot, quines són forces de la junta i altres paràmetres del braç robotitzat.

**2.7.2.7.- Sistema DARTS (Dual-Arm Robot Teleoperation in Space)**

El mateix any 1999, investigadors japonesos van presentar el sistema DARTS (Dual-Arm Robot Teleoperation in Space) per a la teleoperació de dos braços robotitzats a l'espai. El sistema es basa en dos computadors SGI:OCTANE i tres ordinadors per a la recollida de les dades (figura 2.21).

Una de les pantalles, on hi ha totes les eines multimèdia, incloent-hi unes ulleres d'interacció virtual, s'utilitza per a la visualització d'informació (figura 2.22). A una pantalla addicional s'hi pot veure la interfície de control de la figura 2.23.

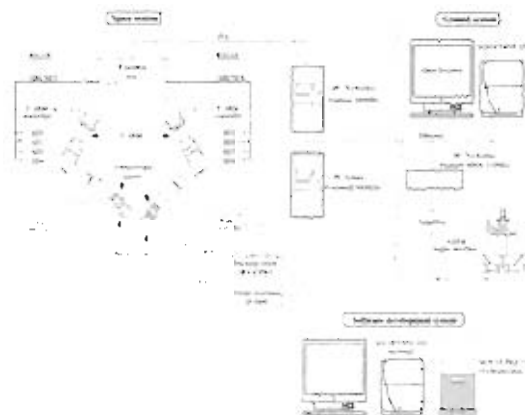


Fig. 2.21.- Organització del DARTS [WOO 01]



Fig. 2.22.- Equip utilitzat pel DARTS [WOO 01]

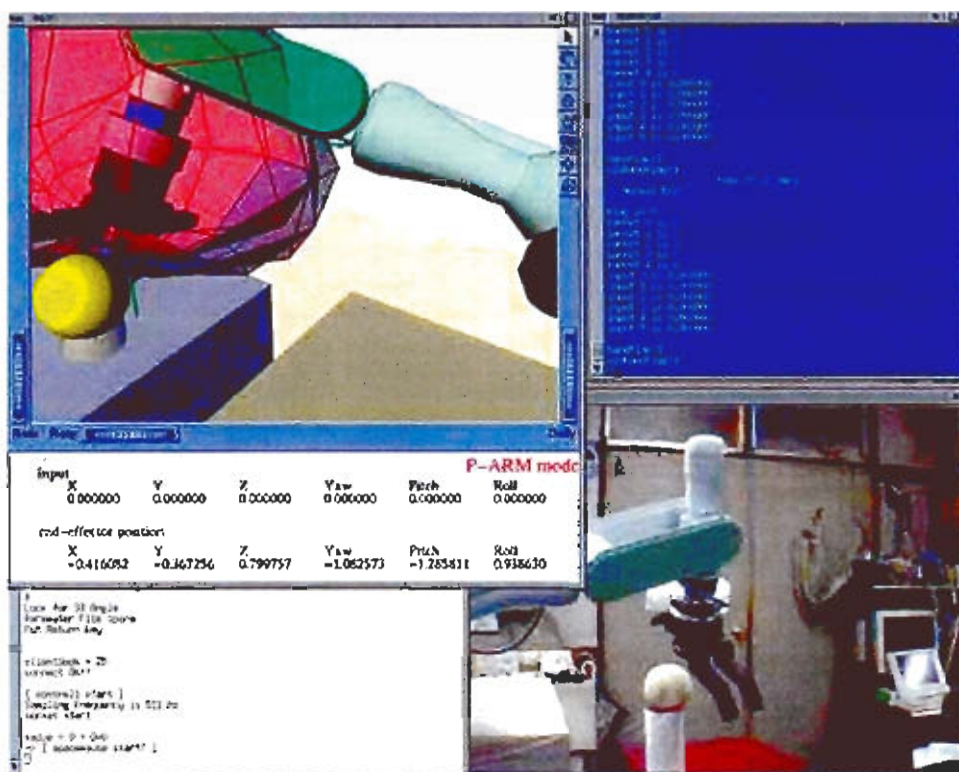


Fig. 2.23.- Interfície del Sistema DARTS [WOO 01]

La interfície del sistema DARTS es mostra a la figura 2.23. Com podem veure, hi ha una representació gràfica del sistema i una finestra amb la imatge real del sistema teleoperat. També incorpora tres finestres amb dades molt tècniques, amb paràmetres interns, una secció del programa utilitzat i una secció on es poden veure les dades del robot en temps real.



### 2.7.2.8.- Interfície del Braç Robotitzat per al Satèl·lit ETS-VII

Els mateixos investigadors del projecte DARTS van iniciar un altre projecte de control de braços robotitzats [WOO 01a i b] fent servir una altra interfície per al satèl·lit d'enginyeria VII (Engineering Test Satellite VII: ETS-VII) (vegeu la figura 26). La interfície desenvolupada la presentem a la figura 2.24:

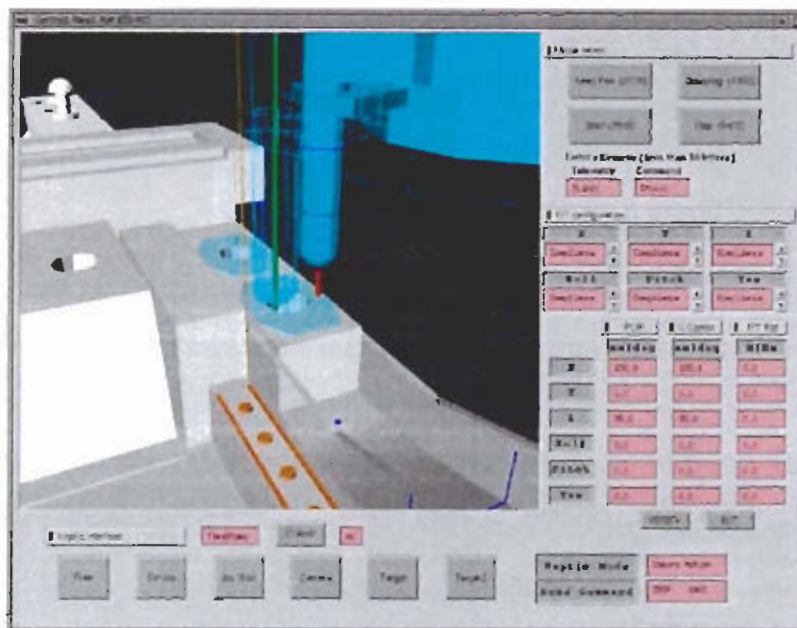


Fig. 2.24.- Interfície de control del satèl·lit ETS-VII [WOO 01a]

Normalment l'usuari hauria de treballar amb quatre monitors per poder rebre tota la informació del sistema (figura 225), però només un dels monitors serveix per presentar les dades d'operació (figura 2.24). La interfície de control es compon d'una imatge sintètica del braç robòtic, amb un conjunt de dades numèriques i botons d'operació. Els botons de control estan barrejats per tota la pantalla (costat inferior esquerre, part superior dreta i part central de la dreta). La informació per a l'usuari també està distribuïda de la mateixa manera. Aquesta interfície ofereix una millora respecte a l'anterior (DARTS): no té cap finestra de comandaments.



Fig. 2.25.- Usuari fent servir la interfície



Fig. 2.26.- ETS-VII [WOO 01a]

### 2.7.2.9.- Interfície pel Robot RANGER

El robot Ranger (figura 2.27) és un altre exemple dels sistemes desenvolupats per la teleoperació espacial. Es tracta de dos braços telecontrolats mitjançant una interfície (figura 2.28); aquesta interfície es compon de més de vint subfinestres d'informació, algunes amb informació en forma de text, numèrica, etc. [LAN 00].



Fig. 2.27.- Robot RANGER[LAN 00]

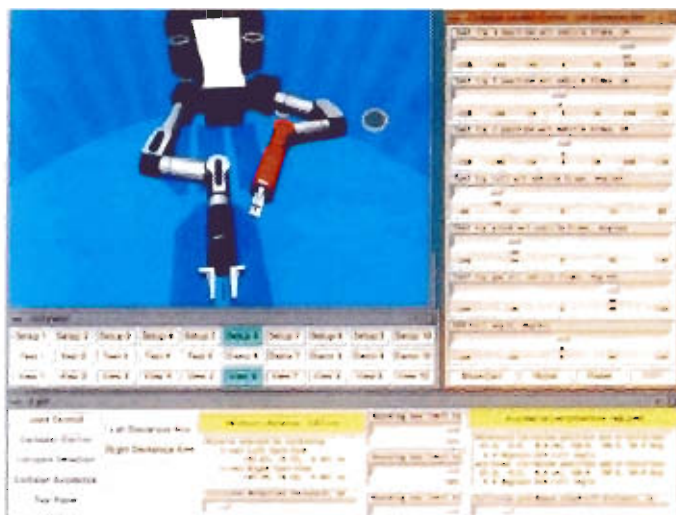


Fig. 2.28.- Interfície de control del robot RANGER [LAN 00] →

La interfície millorada [LAN 01] de la figura 2.29 agrupa les dades en finestres relacionades: així, l'usuari ha de treballar amb sis finestres diferents, cada una de les quals està subdividida i presenta altres dades de diferent tipus. Hi ha controls i dades de visualització barrejades a tota la interfície.



Fig. 2.29.- Interfície RANGER millorada [LAN 01]

## 2.7.3.- Interfícies per a Vehicles Teleoperats

### 2.7.3.1.- La Primera Actuació d'un Robot Teleoperat: Recuperant el Titànic

La primera aparició televisada de la interfície d'un prototipus operatiu d'un robot submergit teleoperat es va presentar durant la cerca i rescat del vaixell RMS Titànic, pels voltants del setembre de 1985, que va ser descobert per una expedició francoamericana a una profunditat de 3.800 m. Mitjançant els robots teleoperats francesos ARGUS i ANGUS es va realitzar la "titànica" tasca de recuperació del Titànic. Cada un d'aquests robots tenia càmeres incorporades, i també disposava de tots els sensors necessaris per oferir a l'operador la informació de l'entorn marí on hi havia el vaixell.



Fig. 2.30.- Interfície inicial dels robots que van treballar en el rescat del Titànic

Una part d'aquest procés de recuperació es va difondre per televisió: aleshores es van veure les dificultats de l'operador que treballava amb un monitor i un conjunt de dades numèriques que es presentaven sobre la pantalla i que variaven ràpidament (figura 2.30).

### 2.7.3.2.- La Teleoperació Espacial

La NASA també disposa d'un esquema de treball per al telecomandament de vehicles espacials. L'interès d'aquesta organització és la teleoperació de gran part dels seus robots espacials per combinar la destresa de l'ésser humà amb la potencialitat de les màquines amb uns costos adequats. En aquest cas (figura 2.31) es veu un operari treballant dins d'un sistema amb quatre monitors, els quals li donen tota la informació que rep el robot a l'espai.



Fig. 2.31.- Sistema de Teleoperació d'un vehicle de la NASA

### 2.7.3.3.- Teleoperació d'Helicòpters

En les seves investigacions, el doctor Kirlik va presentar les dificultats d'interacció dels usuaris (sols o en grups de dues persones) en la teleoperació d'un helicòpter principal i en la coordinació de la feina de quatre helicòpters més (figura 2.32). Aquí un usuari (o un equip de dos: pilot i copilot) havia de fer servir tres monitors (amb el corresponent teclat per a l'entrada de comandes).

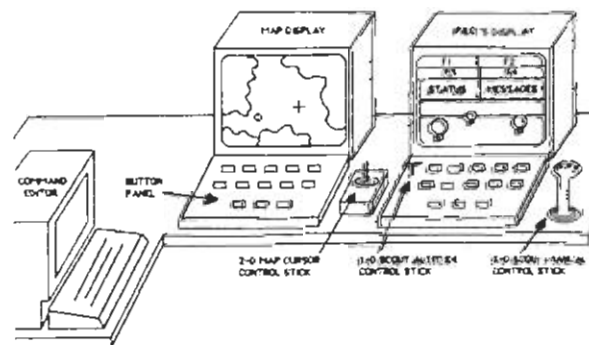


Fig. 2.32. Interfície per la teleoperació d'Helicòpters [KIRLIK et al 93b]

La importància d'aquest treball rau en la recerca d'una interfície de qualitat per a la seva manufactura i el procés de control de sistemes tecnològicament complexos (com, per exemple, els avions). Per aquesta raó el disseny i el control d'una interfície han d'arribar a cobrir l'aspecte de la

millora de la relació entre l'ésser humà i l'entorn. El model presentat en aquest treball mostra explícitament el procés psicològic de l'operador humà, l'entorn de treball extern i la interacció dinàmica entre l'usuari i l'entorn desconegut.

## 2.7.4.- Navegació i Locomoció en Mon Virtuals

A continuació expliquem les aplicacions en les quals s'ha aprofitat la realitat virtual per al control, la navegació o la conducció de robots.

### 2.7.4.1.- Vehicles Virtuals

Algunes empreses estan fent servir la realitat virtual per a la simulació dels cotxes i per estudiar les necessitats ergonòmiques dels usuaris. Per exemple, l'empresa Caterpillar, conjuntament amb el National Center for Supercomputing Applications, ha fet simulacions virtuals dels seus nous models de tractors i equips pesants. Amb aquestes simulacions es pot verificar l'accessibilitat i la visibilitat de l'interior dels nous models de vehicles [figura 2.33a]. A les figures 2.33b i 2.33c presentem els simuladors de cotxes i camions que fan servir algunes empreses, en aquest cas l'empresa Auto SIM AS <[www.autosim.no](http://www.autosim.no)>.



Fig. 2.33.- Simulació de cotxes

Si analitzem les imatges de les figures 2.33b i 2.33c podem veure que utilitzen cotxes sencers per a les simulacions. Altres empreses fan simuladors virtuals amb diferents monitors per disminuir els costos de disseny i fer les proves més ràpidament. Entre les empreses que fan simuladors virtuals hi ha la Doron Precision System <[www.doronprecision.com](http://www.doronprecision.com)>, que fa diversos tipus de simuladors de cotxes. A la figura 2.34a presentem un d'aquests simuladors. Com es pot veure, fan servir cinc monitors per simular les diferents perspectives de l'usuari. L'empresa CGSD fa simuladors virtuals com el que presentem a la figura 2.34b.



Fig. 2.34.- Simulació de cotxes amb eines virtuals

### 2.7.4.2.- Utilització de Gràfiques en Miniatura

Aquesta idea, desenvolupada per Pausch *et al.*, consisteix a fer servir una petita miniatura (WIM: *world in miniature*) que serveix de representació del món virtual en el qual es vol treballar [PAU 95]. El WIM és una representació gràfica en miniatura de l'entorn virtual, similar a un mapa tridimensional. Quan l'usuari mou un objecte dins del WIM, els objectes del món virtual també es mouren en la mateixa direcció.

La idea de fer servir aquesta representació es basa en el fet que els desplaçaments en el món virtual són complicats i confusos, ja que si es té un punt de vista global de tot el món virtual no es poden veure tots els detalls que calen per obtenir una bona definició. Treballar amb un món reduït que actuï com un comandament de la realitat permetrà tenir una millor informació de la virtualitat que l'envolta.

### 2.7.4.3.- Una Cova Real en un Entorn Virtual

El 1992 el Laboratori de Visualització Electrònica de la Universitat d'Illinois, a Chicago, va presentar una cova real de realitat virtual on l'usuari podia interrelacionar-se amb més llibertat amb objectes virtuals (representacions matemàtiques, etc.) [DEF 94a-94c]. Aquesta presentació consistia en una habitació on les parets, de 3 m x 3 m, estaven carregades d'imatges en temps real, les quals provenien de quatre projectors que, gràcies a unes ulleres especials, permetien que l'usuari veiés imatges tridimensionals reals; així l'usuari se sentia completament envoltat per un món virtual (fig. 2.35).

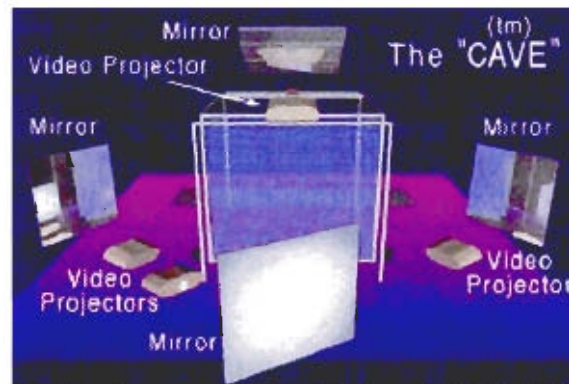


Fig. 2.35.- Estructura i elements del Sistema CAVE [DEF 94a]

Múltiples projectors i miralls han de treballar en conjunt per crear aquesta habitació de realitat virtual (figura 2.36).

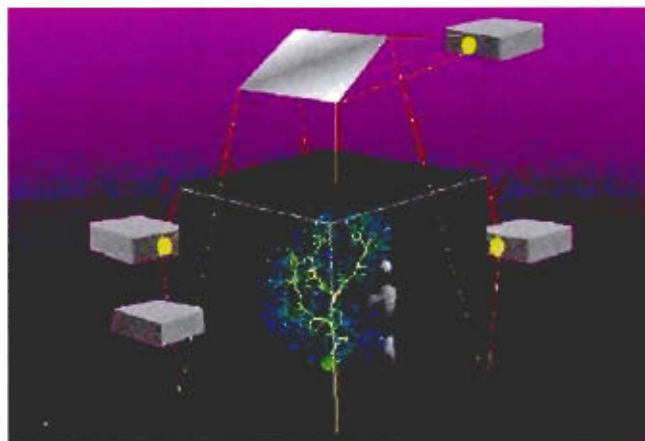


Fig. 2.36.- Esquema de representació d'imatges tridimensionals en CAVE [DEF 94a]

El nom que s'ha donat a aquesta habitació i a tot el sistema és, precisament, el de CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), i disposa de quatre estacions de treball Crimson VGX de l'empresa Silicon Graphics. Cada una d'aquestes estacions de treball té 256 megabytes de RAM i 1,6 gigabytes de disc. A més, cada una està connectada a un projector Electrohome Marque 8000, i els quatre ordinadors, a través d'una xarxa de fibra òptica Scramnet, estan connectats a un ordinador Iris que fa de controlador mestre del sistema. Els usuaris que vulguin entrar al sistema han de fer servir ulleres CristalEyes, que se sincronitzen amb els senyals infrarojos del controlador d'ulleres.

Un dels avantatges que ofereix un sistema de realitat virtual tan gran és que aquest sistema no té distorsions i és relativament immune als errors gràcies a la rotació del cap. En definitiva, aquest és un bon experiment per a un passeig virtual.

#### 2.7.4.4.- Sistema NUMBAT

El 1997 Ralston i Hainsworth van presentar un sistema per a la teleoperació d'un robot de mines [RAL 97, HAI 01], conegut amb el nom de Numbat. Aquest vehicle d'emergències per a treballs de mines era controlat per dues persones des d'una estació amb sis monitors (figura 2.37).



Fig. 2.37.- Estació de teleoperació Numbat [RAL 97]

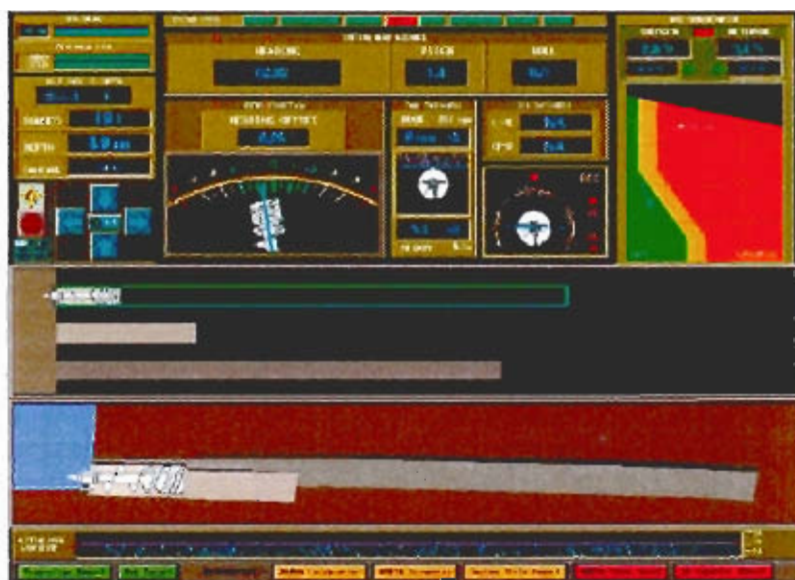


Fig. 2.38.- Interfície d'operació de l'estació Numbat [RAL 97]

La interfície d'operació (figura 2.38) presenta el sistema de controls tant a la part superior de la interfície com a la part inferior. L'usuari, a més, coneix la posició del robot per les dues imatges de baix

(vista de planta i lateral). Aquesta interfície de conducció tè. més o menys, dinou finestres de paràmetres.

La interfície de control i manteniment (figura 2.39) té setze elements que l'usuari ha de distingir per treballar adequadament amb el sistema.

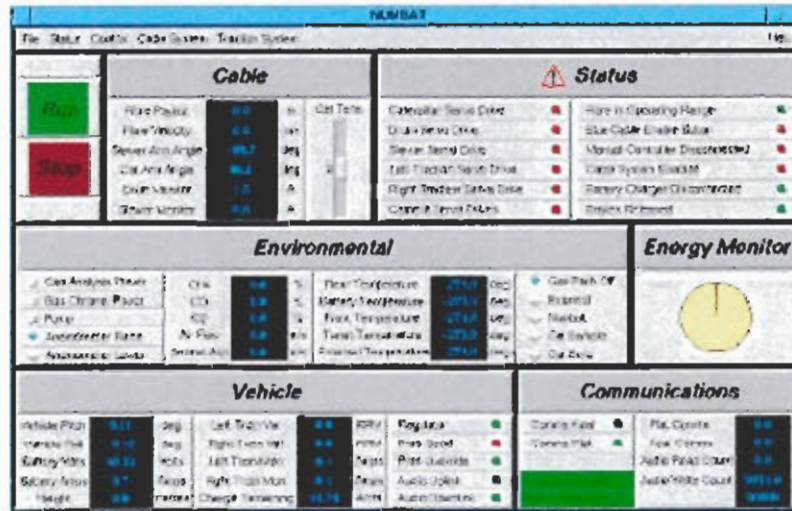


Fig. 2.39.- Interfície de control del Sistema Numbat [RAL 97]

2.7.4.5.- Interface pel al Control de Robots Cooperatius

El 1999 els japonesos també van presentar altres interfícies per al control de robots cooperatius autònoms (*distributed autonomous robotic systems*; DARS). Tsuyoshi Suzuki, Takeshi Sekine, Teruo Fujii, Hajime Asama i Isao Endo van presentar una interfície per al control de múltiples robots amb un sol operador fent servir realitat virtual [TSU 98 i SEK 99] i Internet (figura 2.41).

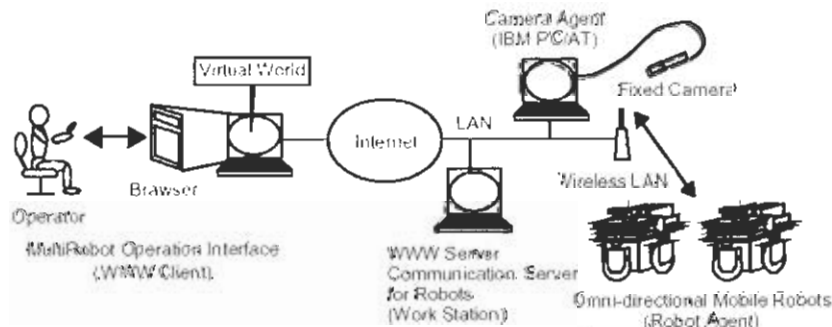


Fig. 2.41.- Esquema operatiu del sistema mitjançant Internet [SEK 99]



Fig. 2.42.- Usuari amb la interfície dels robots cooperatius [SEK 99]

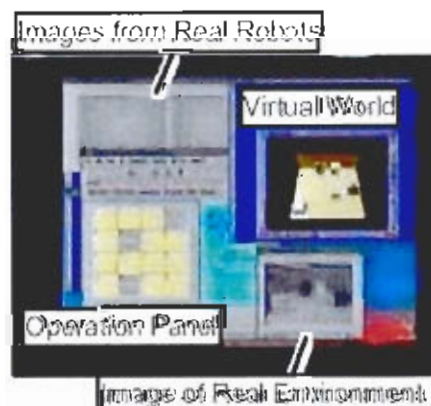


Fig. 2.43.- Interfície dels robots cooperatius →

A la figura 2.44 podem veure alguns dels robots utilitzats en aquestes proves. Aquests robots només tenen mobilitat en quatre direccions: endavant, endarrere, dreta i esquerra.

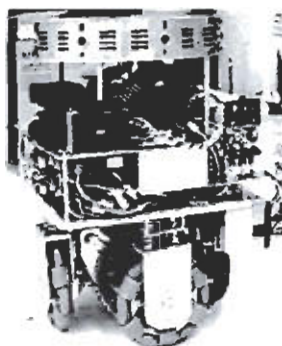


Fig. 2.44.- Robot mòbil omnidireccional

L'usuari (figura 2.42) ha de triar el robot que vol controlar. La imatge de la interfície (figura 2.43) presenta quatre seccions ben definides. La secció superior mostra les imatges reals de les càmeres del robot. A la part dreta es mostra una representació virtual. El panell d'operació mostra una representació del lloc on els robots poden circular i els obstacles que hi ha en el camí.

#### 2.7.4.6.- Sistema Multiusuari Distribuït VE (Multi-User Distributed Virtual Environments)

Matijasevic, Valavanisz, Gracanin i Lovreky van presentar un sistema multiusuari distribuït en entorns virtuals, anomenat VE, per al control d'un robot sobre Internet, com podem veure a la figura 2.45 [MAT 99].

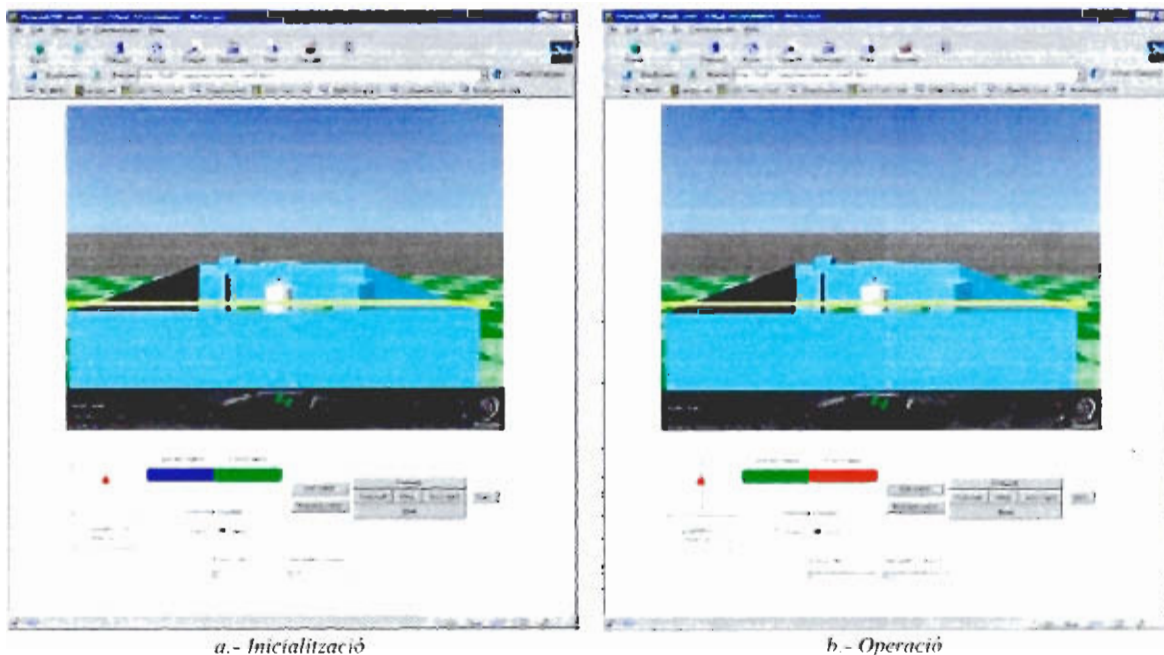


Fig. 2.45.- Interfície d'usuari sistema VE [MAT 99]

Aquesta interfície treballa sobre els navegadors d'Internet i presenta els controls tant a la part baixa de la pantalla com a dins de la mateixa interfície. Els controls de navegació estan a dins del quadre de la imatge; aquests controls són de diferents tipus, i l'usuari ha de poder diferenciar-los en el moment de l'operació.



### 2.7.4.7.- Teleoperació en PDA

Investigadors suïssos van treballar en el desenvolupament d'interfícies per PDA (*personal digital assistant*) [FON 00, FON 01a i d]. Fong, Thorpe i Baur van presentar diversos treballs de teleoperació d'un robot mòbil fent servir els petits ordinadors portàtils a fi de possibilitar-ne l'operació des de qualsevol lloc (vegeu la figura 2.46). Aquesta interfície, anomenada PDADriver, és una interfície bàsica amb quatre esquemes diferents d'operació: vídeo, comandament, mapa dels sensors infrarojos i sensors. La PDA que s'utilitza és una Casio Cassiopeia E-105 (Windows CE 2.11).



Fig. 2.46.- Sistema de Teleoperació basat en PDA [FON 01b]

La interfície d'operació PDADriver (figura 2.46) del robot en mode vídeo mostra la imatge de la càmera que hi ha a sobre del robot. En aquesta interfície només hi ha definides set funcions: emmagatzemar imatge, capturar una altra imatge, esborrar les rutes, definir la ruta, canviar panoràmica, avançar, retrocedir i aturar el robot (botó vermell). El tipus de comandament permet avançar el robot (eix vertical) o fer-lo anar de costat (eix horitzontal). El mapa mostra la data del sonar del robot. Els tipus de sensors permeten controlar els sensors ubicats en el robot.



Fig. 2.47.- Interaccions de la interfície tàctil (haptic) del sistema HapticDriver [FON 00]

Una segona interfície, presentada també pel mateix grup, permet controlar el robot amb sensors tàctils [FON 00] (vegeu la fig. 2.47). La interfície d'usuari que es veu a la imatge (figura 2.48) es compon de nou finestres, una de les quals presenta la imatge en temps real, una petita imatge sintetitzada virtual, mentre que les altres presenten dades en forma de gràfics del sistema tàctil i del robot.

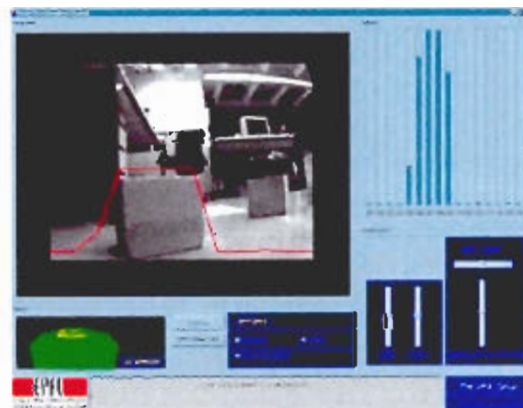


Fig. 2.48.- Interfície d'operació tàctil (haptic) del sistema HapticDriver [FON 00]

Hi ha encara una tercera versió d'aquesta interfície, la WEBPioneer, que permet controlar el robot a través d'Internet (figura 2.49) fent servir el navegador (en aquest cas el Netscape). Es compon de dues finestres: a una hi ha una imatge real i a l'altra hi ha un mapa dinàmic de l'àrea de treball. La interfície disposa de comandaments al voltant de les dues finestres d'imatges; així, l'usuari ha de triar el control d'operació que li sigui més convenient.

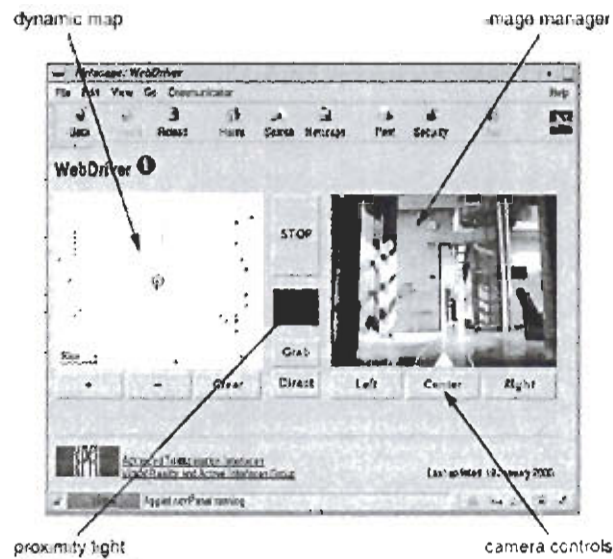


Fig. 2.49.- Interfície WEBPioneer per al telecontrol del robot [FON 01a]

#### 2.7.4.8.- Simulador Virtual dels Robots Submarins

Choi i Easterdayhan, investigadors de la Universitat de Hawaii, estan desenvolupant un simulador virtual d'entorns de cooperació distribuïda, el DVECS (Distributed Virtual Environment Collaborative Simulator). Aquest simulador, destinat als robots submarins telecontrolats, té com a objectiu entrenar els operadors abans de treballar amb el robot real en les operacions que s'han de fer al mar [CHO 00].

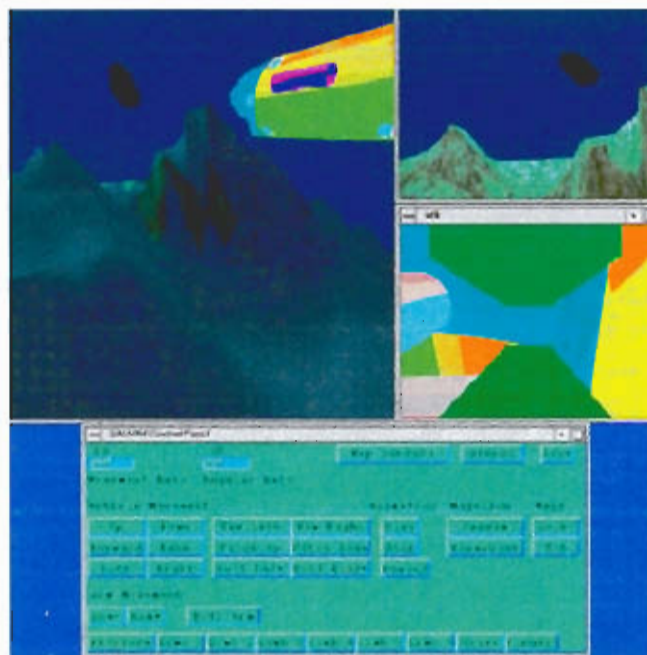


Fig. 2.50.- Interfície del sistema DVECS [CHO 00]

La interfície del sistema la presentem a la figura 2.50. Aquest sistema té múltiples funcions, situades a la part inferior de la pantalla, i amb un conjunt de controls agrupats segons quin sigui el servei al sistema. L'usuari ha de triar el control correcte cada vegada que treballa amb el sistema i, alhora, ha de poder visualitzar les dades, que també són a la part inferior de la interfície.

#### 2.7.4.9.- Robot FIDO (Field Integrated Design and Operations)

El robot FIDO (figura 2.51), desenvolupat per especialistes del Laboratori Jet Propulsion (JPL), és un vehicle robotitzat per fer exploracions al planeta Mart [BAC 01, NGU 01]. Per controlar aquest robot es va desenvolupar una interfície anomenada WITS (Web Interface for Telescience), que podem veure a la figura 2.52.



Fig. 2.51.- Robot FIDO [BAC 01]

La pantalla d'operacions es compon de vuit finestres grans, on hi ha dades de diferents tipus: dues imatges reals (provinents de les càmeres del robot), una imatge dels sensors infrarojos, una imatge virtual del robot i tres finestres de comandaments d'operació (cada una presenta una subdivisió de finestres més petites i té una línia de comandaments per menú). Cada finestra té un submenú d'opcions per controlar les funcions associades a la finestra. A més, hi ha sis tipus diferents de comandaments que es poden desplegar per controlar al robot.

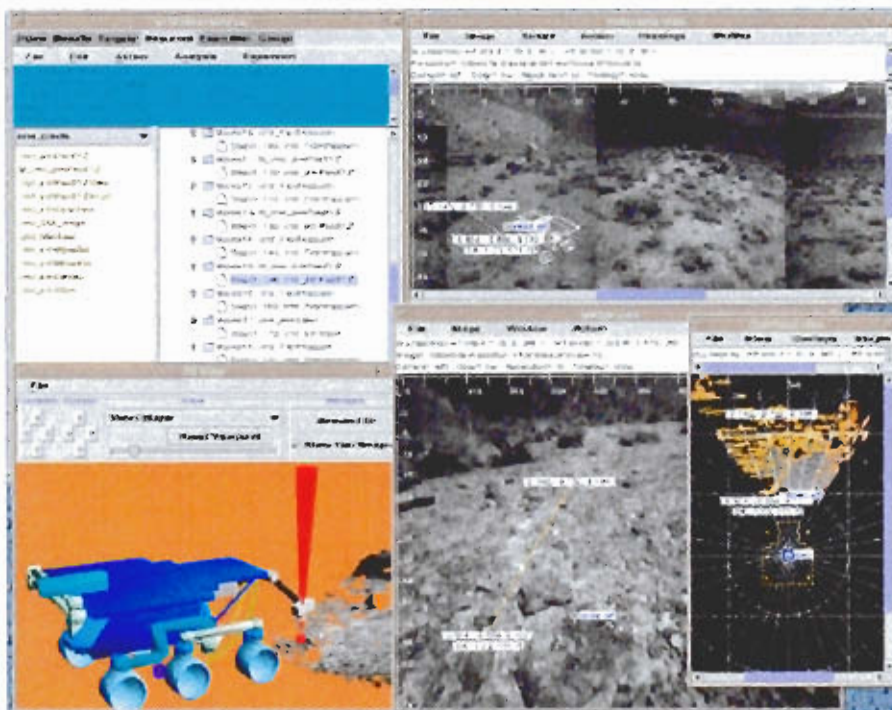


Fig. 2.52.- Interfície WITS per controlar el robot FIDO [BAC 01]

Es pot trobar una interfície WITS de simulació i prova a l'adreça <http://mars.graham.com/wits/downloads.htm>. Aquesta interfície és la que utilitzaria la comunitat científica interessada en el projecte Mart.

### 2.7.4.10.- Control d'Avions de Reconeixement No Pilotats

Algunes empreses desenvolupen sistemes d'avions espies que es poden controlar remotament des de la Terra mitjançant estacions de control. Per exemple, l'empresa General Aeronautical Systems <www.gat.com> té diversos avions teleoperats, entre els quals hi ha els següents: Predator, GNAT, ALTUS, Prowler. Cada un té les seves pròpies característiques d'autonomia i funcionalitat. A la figura 2.53a presentem la imatge de l'avió Predator, i a la figura 2.53b, l'estació de control terrestre.



a.- Avió teleoperat: Predator

b.- Estació de control Terrestre

c.- Vista lateral

Fig. 2.53.- Interfície per a avions teleoperats. Imatges de la empresa General Aeronautical Systems

Com es pot veure a la figura 2.53b, aquesta estació té un mínim de quatre monitors per persona (l'estació permet que hi hagi dos operadors a fi d'oferir la màxima funcionalitat), a més d'altres controls i indicadors visuals. A la figura 2.53c (vista lateral de la interfície de control) podem veure que cada monitor té múltiples finestres d'operació per controlar l'avió.

## 2.8.- Comparació de les Interfícies

Nom	Any	País	Funció	N.M/P	D.N	C.M	N.F	C.U	N.C	C.S
MEISTER	92	Japó	1 braç robòtic	2 / 1	Si	?	?	?	?	?
STELER	93	USA	2 braç robòtic	7 / 1	Si	?	?	Alta	Alt	Alta
RSI	97	USA	1 braç robòtic	? / 1	Si	Si	18	Alta	Alt	Alta
RobotInternet	95-97	Austràlia	1 braç robòtic	1 / 1	Si	Si	4	Alta	Alt	Baix
ARS/A	96-97	Japó	1 braç robòtic	1 / 1	Si	No	5	Alta	Alt	Mit.
VEMI	97	USA	1 braç robòtic	1 / 1	Si	Si	4	Mit.	Mit.	Baix
VR	99	Singapur	1 braç robòtic	3 / 1	Si	Si	10	Alta	Alt	Mit.
DARTS	99	Japó	2 braç robòtic	2 / 1	Si	Si	6	Alta	Alt	Alta
ETS-VII	01	Japó	1 braç robòtic	4 / 1	Si	No	10	Alta	Alt	Alta
Ranger	01	USA	2 braç robòtic	4 / 1	Si	Si	20	Alta	Alt	Alta
AR/AN-GUS	85	USA- France	robot-submari	? / 1	Si	No	1	Alta	Alt	Mit.
Tele-Helicop	93	USA	Helicòpters	3 / 1	Si	Si	7	Alta	Alt	Mit.
CAVE	94	USA	TeatreVirtual	-	-	-	-	Baix	Baix	Baix
NUMBAT	97	Austràlia	Mines	2 / 6	Si	Si	18	Alta	Alt	Alta
DARS	99	Japó	Múltiples Robots	1 / 1	Si	Si	6	Mit.	Mit.	Mit.
VE	99	Croàcia- USA	Robot mòbil	1 / 1	Si	Si	9	Mit.	Mit.	Mit.
PDA	00-01	Suïssa	Robot mòbil	1 / 1	Si	No	7	Alta	Mit.	Alta
DVECS	00	USA	Robot mòbil	1 / 1	Si	Si	13	Mit.	Alt	Alta
WITS	01	USA	Robot mòbil	1 / 1	Si	Si	12	Alta	Alt	Alta

Llegenda: