

## Working Model 3D, versione 3.0

Ho deciso di far fuori mia suocera. Perché, mi chiederete, stupiti che io possa covare tali propositi per un rappresentante di una razza tanto angelica? Beh, pensate alla vostra clonata per quattro o cinque volte, e troverete rapidamente i motivi. Avete presente un litodomo, quei molluschi che si scavano la casa nella pietra a guisa di trapano e, una volta insediati, non li scaccia di lì neppure il bradisismo di Pozzuoli? Quando mia suocera arriva a casa mia per una visitina di piacere, poi, per strapparla dalla poltrona e metterla alla porta, ci vogliono i caterpillar del terremoto dell'Irpinia guidati dai buttafuori di un night di Portofino.

E così ho pensato di eliminarla. Veleno, sovente porta a complicazioni

del basso ventre e mi seccherebbe se si macchiassero i tappeti del salotto. Stesso discorso per una revolverata o una pugnolata alle spalle; schiattosa com'è, sarebbe capace di schizzarmi il sangue sulla tappezzeria, che mi è costata un occhio della testa. Non posso neppure sperare nella fortuna, o nell'aiuto della natura; un paio d'anni fa, fu ricoverata in ospedale e il medico, anche in considerazione della sua età (più di ottanta anni) ci diede poche speranze (a me molte speranze, quando si dice il modo di guardare alle cose). Fosse stata anche una sola, di speranza, lei è riuscita ad acchiapparla al volo, e già dopo una settimana era ritornata più massiccia e inarrestabile di un TIR in corsa. Si dice che a una

certa età marito e moglie divengono complementi indissolubili l'uno dell'altro, pronti a seguirsi dappertutto; invece, dopo la morte di mio suocero, La Vecchia ha pensato bene non solo di non seguirlo, ma è rifiorita, con uno spirito del comando rinnovato e capace di far impallidire un sergentaccio dell'esercito. E quando arriva a casa mia riprende l'operazione Desert Storm, con me, puntualmente, dalla parte degli Iracheni.

Beh, ho deciso di farla finita una volta per tutte; abito al terzo piano e, usando dell'acido, ho abilmente corroso la base della ringhiera della terrazza; nei prossimi giorni dovrebbe esserci un gran caldo. Se l'invito, ho pensato, lei andrà in terrazza a prendere un po'

di fresco, si appoggerà e... amen (devo solo ricordarmi di togliere la macchina di sotto, peccato se dovesse farsi qualche graffietto)! Ebbene, miei cari lettori, mi potrete obiettare che, con la resistenza che ha dimostrato finora, potrebbe anche sopravvivere; e invece no, ho previsto tutto, anche la traiettoria, l'impatto al suolo, e le relative conseguenze. Altrimenti, a che cosa servono i computer? E per fare tutto questo ho usato Working Model.

## Working Model, il pacchetto

Di questo fantastico package abbiamo già parlato, sulle pagine della rubrica Mac, diversi anni fa. Era la versione 1, esisteva solo per Macintosh, e, già allora, faceva cose mirabili, pur essendo ristretto nel campo delle due dimensioni. Oggi è la volta della versione 3D, presente solo su piattaforma Windows (su Mac è rimasta la versione 2D, evoluzione della precedente) e che rappresenta, rispetto al pacchetto di allora, una evoluzione, tanto avanzata da rendere la precedente versione quasi una trappola d'altri tempi.

Ma cosa è, effettivamente, Working Model. Si tratta del più sofisticato pacchetto di prototipazione virtuale oggi esistente in ambiente personal, capace di simulare condizioni ambientali destinate ad evolversi nel tempo, in un ambiente cinematico i cui parametri iniziali ed evolutivi sono configurati dall'utente. Detta in parole più sempli-

Giusto al momento di andare in macchina, l'ing. Lista di Lista Studio mi ha informato che, per lo SMAU, sarà disponibile la versione 4 del pacchetto che utilizza un nuovo algoritmo di calcolo, completamente riscritto, cosa che consente un evidente aumento delle prestazioni nel controllo della collisione tra più parti anche molto complesse. Interessante anche la disponibilità di interazione immediata anche con centinaia di parti in movimento. La versione 4, ancora, si dimostra più agevole e trasparente nell'importare disegni meccanici da CAD esterni, e un nuovo strumento, il Constraint Navigator, permette di visualizzare e testare i vincoli uno a uno senza lanciare la simulazione.

Le novità complete, che riguardano anche l'ottimizzazione di tool già presenti, sono visibili visitando il sito del distributore.

## Working Model 3D 3.0

### Produttore:

Knowledge Revolution, Inc.  
66 Bovet Road, Suite 200  
San Mateo, CA 94402  
Tel. ++1 650 574 7777  
<http://www.krev.com>

### Distributore:

Lista Studio S.r.l.  
Via Costa 36  
36030 Fara Vicentino  
Tel. 0445.300391  
<http://www.lista.it>

### Prezzi (IVA esclusa):

Versione 3D 3.0 L. 15.190.000

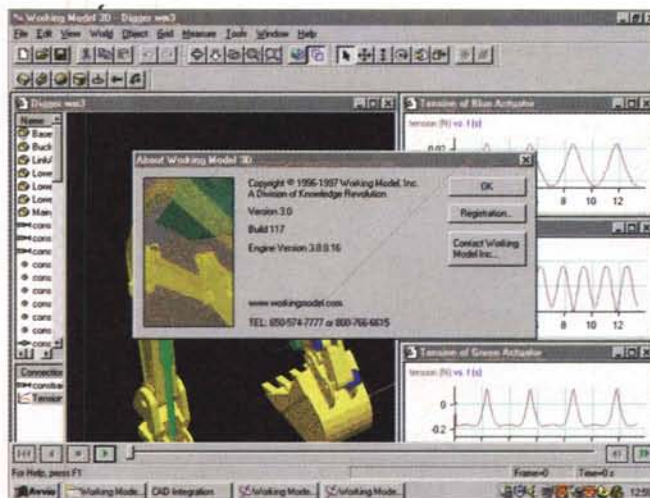
Versione 2D 5.0 L. 8.950.000

E' disponibile, per studenti iscritti alla facoltà d'Ingegneria, la versione 2D 4.1 Homework Edition alla cifra simbolica di 149.000, IVA compresa. Contattare il distributore per accordi.

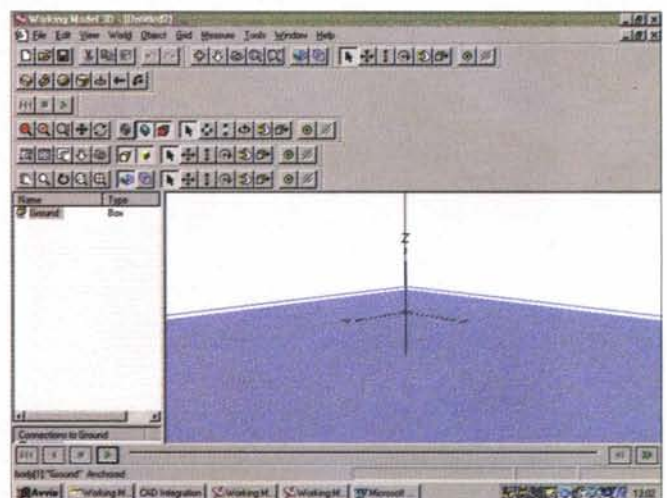
ci, WM crea un ambiente virtuale in cui oggetti, dotati di proprie caratteristiche di forma, peso, resilienza, elasticità, densità e così via, interagiscono tra loro spinti da forze stabilite dall'utente, simulando deformazioni, movimenti reciproci, azioni complesse. L'elaborazione può essere tanto semplice come l'effetto di una pallina che rimbalza su un piano, e tanto complesso come l'effetto di crash di un'automobile, con tanto di pilota, bagaglio, oggetti liberi e vincolati, lamiere più o meno deformabili contro un ostacolo.

Già detto così, appare evidente come l'ambiente di lavoro di questo pacchetto si trova ad affrontare modelli di calcolo di complessità solo vagamente immaginabili. Ma non basta; il pacchetto offre, oltre alla completa definizione dei parametri temporanei e finali, anche una fedele visualizzazione del cinematismo della prova, con visualizzazione a schermo del "filmato", con tanto, nel caso dell'auto, di deformazione della vettura, impatto del manichino sul volante, rottura collasso ed eventuale proiezione dei componenti e così via. Detto, infine, in forma di definizione, WM è un tool di simulazione di moto destinato a prevedere o simulare sistemi meccanici statici e in movimento relativo.

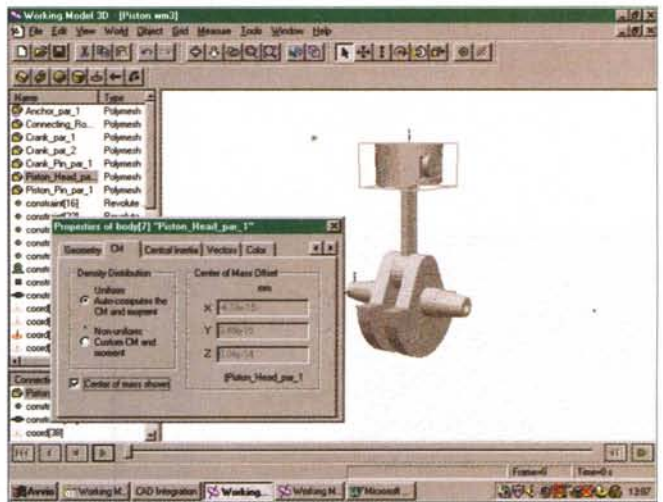
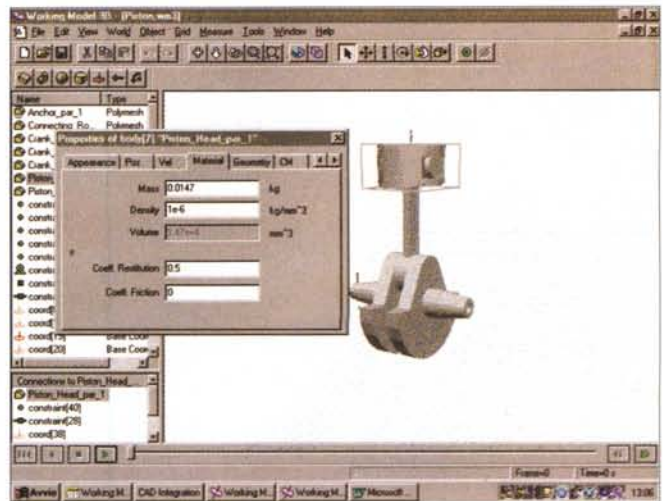
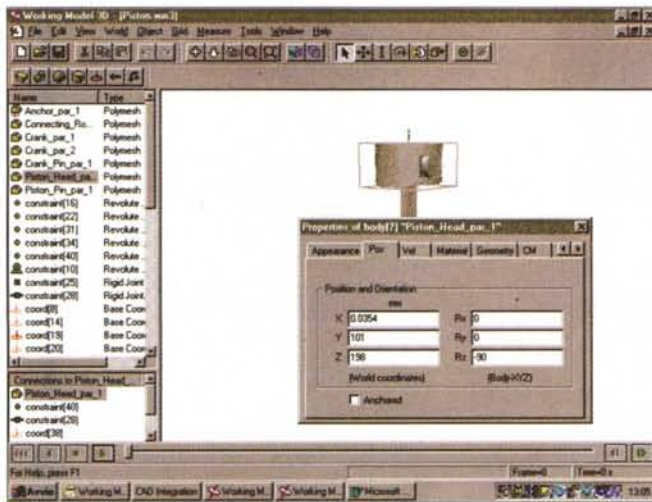
Working Model



Lo splashscreen di Working Model.



La finestra principale di creazione del modello; si noti la ricchezza dei righelli, destinati a funzioni diverse. Il groundpane, pannello ideale su cui appoggiano gli oggetti, è anch'esso personalizzabile in vario modo.



3D è distribuito in forma di solo CD, accompagnato da due manuali (Tutorial Guide e Reference Manual), ed è dotato di chiave hardware contro la copiatura (la chiave abilita le funzioni di salvataggio e stampa). Per il corretto funzionamento è necessario una macchina basata su Pentium (minimo 90 MHz), Windows 95 o NT4, 32 Mb di RAM disponibile, scheda video capace di almeno 256 colori, 84 Mb di spazio su HD e un CD-ROM driver. Ricordiamo che Working Model offre tre ambienti di collegamento per AutoCAD R14, Solide Edge e SolidWork, che, ovviamente, è necessario siano presenti sul sistema per poter essere interfacciati (per AutoCad R14 è necessario sia installato Mechanical desktop 2.0, fornito nell'ultima release AutoCad). Infine WM 3D gira anche su network, a patto di disporre delle necessarie licenze d'uso.

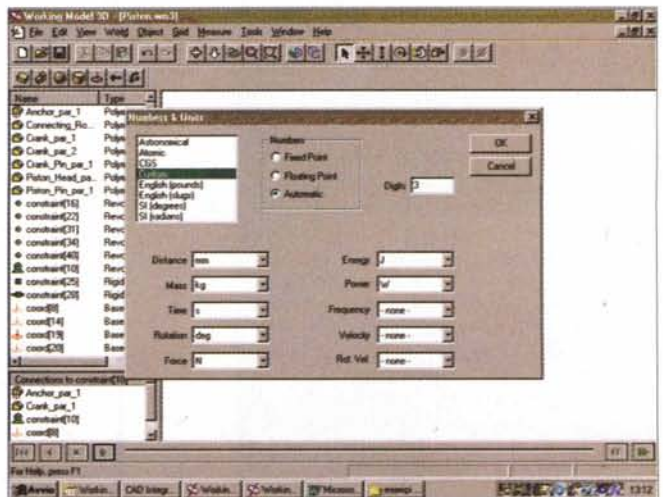
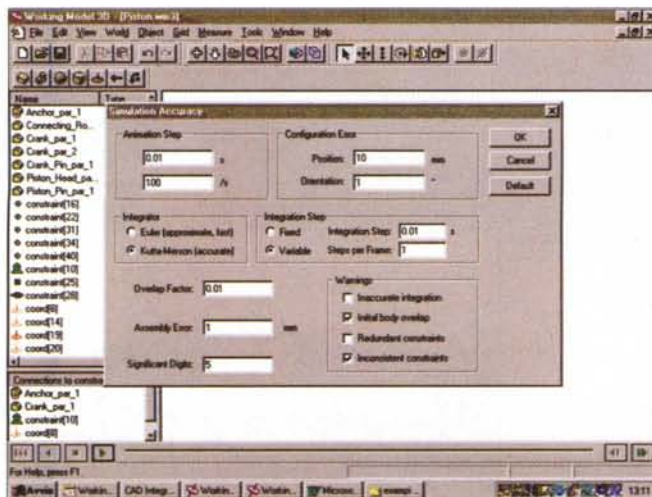
*Un esempio di gestione di un oggetto, in questo caso un pistone. Si noti come possano essere visualizzati numerosi parametri, specifici dell'oggetto studiato, e come ad esso sia possibile applicare un motore, nelle forme già prestabilite dal programma.*

## Usando Working Model 3D

Se è vero che un ambiente, virtuale o reale che sia, lo si impara a conoscere usando, questo è ancora più vero nel

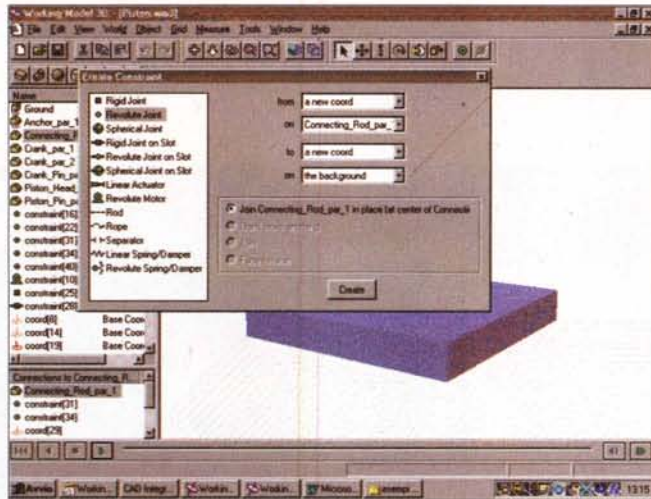
caso di WM. Perciò impariamo a conoscerlo con un esempio.

Per fare la prima conoscenza dell'ambiente, il manuale di tutorial consiglia di partire da un esercizio semplice, ma capace di illustrare le funzioni fondamentali del programma. Simuleremo quindi



Il setup delle unità di misura e delle regolazioni; le prime sono ampiamente customizzabili, e si notano, tra queste, addirittura le unità astronomiche.

Un esempio di creazione di un vincolo; interessanti i tipi di giunto proposti.



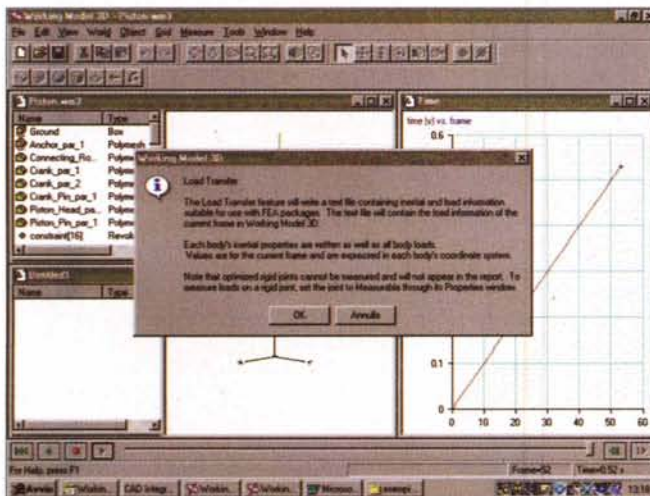
getto stesso); occorre poi definire il piano di impatto che, anch'esso, può essere gestito, in termini di parametri, dalla stessa finestra precedentemente descritta.

WM è basato su due principali ambienti di simulazione, in cui gli oggetti possono o no collidere tra loro (attenzione, i due ambienti sono integrabili tra loro, nel senso che alcuni oggetti possono urtarsi tra loro e altri no). Questa differenziazione, che a prima vista può sembrare inutilmente ridondante, ha la sua ragion d'essere appena si tiene conto che gli oggetti della simulazione possono comprendere anche fluidi (ad esempio moneta e piano immersi in acqua). Siamo giunti così alla fine di questa semplicissima simulazione. Si lancia "Run" e il sistema monitorerà l'evento, con la moneta che cade, urta la tavola e rimbalza più volte. Il tutto viene registrato in un filmato, il cui scorrere è evidenziato da un contatore di fotogrammi e da un sistema di cronometraggio (la ripresa, a meno di una scelta precisa da parte dell'operatore, si fermerà automaticamente quando tutti gli oggetti saranno fermi). E, tocco finale con relativa ciliegina, ecco la possibilità, se la simulazione soddisfa le nostre esigenze, di applicare un rendering più raffinato ai nostri oggetti, aggiungendo eventualmente anche le relative ombre. Il file può essere salvato, sotto forma di dati-filmato, in formato WM (necessario per poter, eventualmente, portare modifiche al progetto); ma, nel caso poi la dimostrazione dovesse essere utilizzabile su una macchina che non dispone del pacchetto (immaginiamo una prova di crash, da distribuire alle concessionarie di una fabbrica di automobili) si può esportare il file in formato AVI, per poter essere usato su qualunque macchina Windows.

la caduta di una moneta su un piano, imparando a gestire tutta l'animazione, e ad analizzare i movimenti del modello usando vettori per conoscere, in ogni momento, i parametri in gioco. Lanciando Working Model, si apre una finestra che ne contiene tre, una dedicata agli oggetti, una alle connessioni stesse e una che è la vera e propria finestra di visualizzazione e prototipazione. Questa conterrà, già predefinito, un sistema di assi cartesiani tridimensionale; se lo si preferisce, è possibile visualizzare la griglia del piano X-Y.

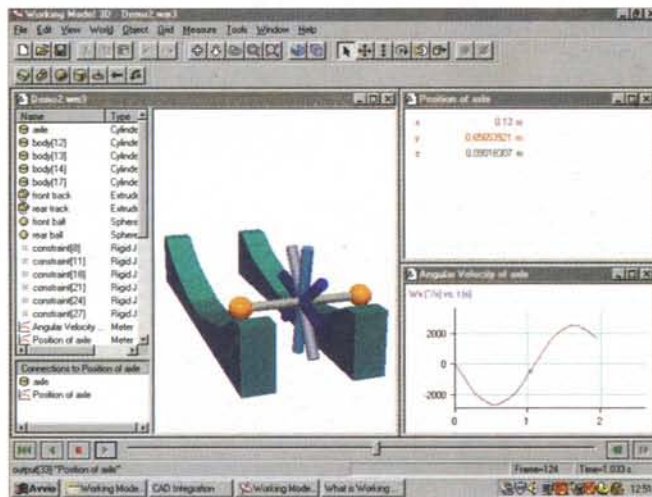
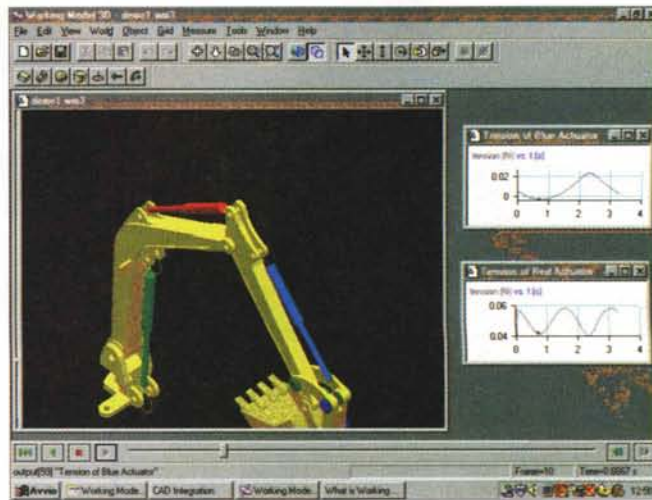
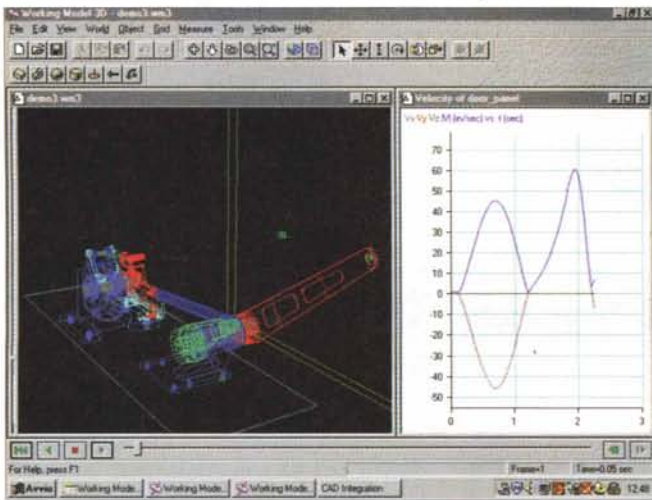
E' arrivato il momento di costruire la moneta. Il righello superiore presenta una serie di icone-pulsanti, che, tra l'altro, offrono diverse forme solide già predisposte. Schiacciamo il cilindro e, nella finestra di editing, "draghiamo" l'ingombro della moneta utilizzando il clic del mouse per definire la prima volta il diametro e la seconda volta l'altezza del cilindro stesso. Il cilindro appena realizzato che, in ossequio alle consuetudini correnti nel CAD, apparirà realizzato in formato "fil di ferro", avrà un altro sistema di coordinate cartesiane, locali, con origine nel centro di simmetria dell'oggetto.

La seconda fase del nostro lavoro è rappresentata dal posizionamento dell'oggetto. Questo può essere editato facendo doppio clic su di esso, e leggendo, in una finestra che apparirà, le sue caratteristiche dimensionali e posizionali. Occorre notare che il cilindro può essere spostato semplicemente selezionandolo e trascinandolo, ma l'accesso a questa finestra offre un ambiente di editing dei parametri davvero accurato e preciso. E' possibile, infatti, definire esattamente tutte le caratteristiche dell'oggetto, controllandone l'apparenza, la geometria e la posizione, la rotazione, la velocità di caduta, la costituzione fisica, ecc. Ma avremo modo di parlarne tra poco; potrebbe essere invece interessante orientare la moneta facendola cadere sul piano con uno spigolo. Questo si ottiene intervenendo sui campi di una delle finestre precedenti, facendo ruotare l'oggetto secondo i tre assi (anche se, ovviamente, per un cilindro ha poco senso, sulla dinamica dell'impatto, regolare l'inclinazione di più di un piano). Le dimensioni visibili possono essere dimensionate attraverso uno zoom (utile quando la dinamica del movimento porta fuori campo l'og-



Translational Velocity	
0	0
0	0
0	0
Translational Acceleration	
0	0
0	0
0	0
Rotational Velocity	
0	0
0	0
0	0
Rotational Acceleration	
0	0
0	0
0	0
Inertial State	
Body	
Crank_pse_1	
Gravitational Acceleration	-1.229098425542564
Translational Velocity	-8.5147860760456868e-16 9.7293216751082792
Translational Acceleration	-0.099924604519593341 4.7547784198098924e-18 -9.5175595049672157e-
Rotational Velocity	4.3413249569440782e-6 5.1139085815912526e-16 0.6269904433038701
Rotational Acceleration	2.3164830028813480e-16 6.2831853071795862 5.8937687151556267e-
Rotational Velocity	4.8593044841035481e-14 1.4996425951571206e-14 4.320793879431663e-
Rotational Acceleration	4.8593044841035481e-14 1.4996425951571206e-14 4.320793879431663e-

Dalla rappresentazione grafica a quella numerica; tutti i valori possono essere salvati in formato testo, per una più accurata analisi dei dati.



Alcuni esempi tratti dalle librerie fornite col pacchetto.

sponibili in una libreria ad hoc, ricca di particolari e customizzabile al massimo). Infine, il vero tocco di classe; se questa costruzione rimanesse così com'è il pistone farebbe ruotare, per peso proprio, l'albero a gomiti fino al punto morto inferiore e si fermerebbe. Occorre quindi imporre l'azione di un motore, che interviene, con un vettore, sulla testa del pistone in un momento ben determinato e con una spinta prestabilita. Un clic sul solito comando RUN ed ecco il nostro motore monocilindrico in funzione (salvo poi a costruirci un dodici cilindri degno della migliore tradizione di Maranello).

vecchio gergo da programmatore, potremmo chiamare top-down, affrontare il problema risolvendolo in modo elegante e, tutto sommato, intuitivo.

Cominciamo con la realizzazione del meccanismo. Il modello che intendiamo costruire è rappresentato da un complesso pistone,

## Alla ricerca della simulazione meccanica più avanzata

Il concetto operativo di Working Model 3D si basa sull'assunto di trasformare il mondo reale della meccanica newtoniana in una perfetta simulazione al computer, il tutto attraverso una interfaccia utente grafica tanto semplice e accattivante da consentire la creazione di modelli virtuali quanto si vuole complessi senza eccessivo impegno. Il principio animatore di WM è semplice; definire un set di corpi dotati di rigidità e di vincoli di diverso genere e determinare, visivamente e numericamente, la loro interazione. Ancora in più, WM può adottare modelli importati da un altro programma CAD, adattandolo alla sua simulazione.

Il motore di simulazione di WM 3D è realizzato per accoppiare velocità e accuratezza, calcolando l'interazione di oggetti in movimento attraverso sofis-

stone, biella, albero a gomiti legati tra loro da vincoli e sottoposti a determinate forze. Cominceremo con lo scegliere le unità di misura (un menu apposito ci mette a disposizione i set più diffusi, salvo creare un nostro gruppo personalizzato); seguirà la costruzione del pistone, con la già usata tecnica del cilindro, poi quella della biella e quella dell'albero a gomiti. Questi pezzi andranno poi assemblati tra loro e ad essi si assegneranno dei vincoli di funzionamento (es. moto alternato rettilineo per il pistone e il relativo occhio, moto rotatorio per albero a gomiti e occhio di biella, e così via). Ogni pezzo e ogni punto di essi può essere dotato di caratteristiche particolari (quelle già viste, come peso, tipo di materiale, attrito e così via) e, ad ogni connessione, essere assegnata una caratteristica (ad esempio giunto sferico, giunto rigido, giunto di rotazione semplice, legamento cardanico e così via; niente paura, i giunti e le relative caratteristiche meccaniche sono già di-

## Complicando un po' le cose...

Mah, in fondo una moneta che cade su un piano non è poi grandissima cosa. Vediamo di complicare il problema, applicando il programma a qualcosa di più professionale, magari attinente al tipo di lavoro che è chiamato a eseguire. Non vi pare magari logico simulare il comportamento di un pistone di motore endotermico, con tanto di biella e albero a gomiti? Beh, vediamo come si fa.

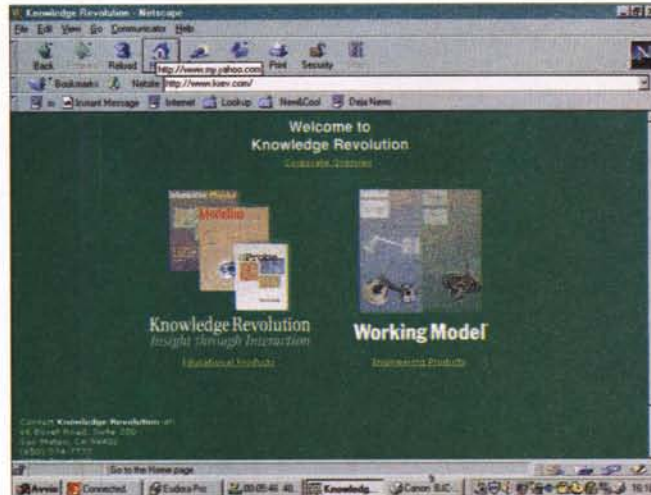
Il problema può essere, in buona sostanza, diviso in due parti. La prima riguarda la costruzione del modello, la seconda interessa il cinematico e le forze che lo determinano e lo alimentano; in altri termini studio del meccanismo in forma statica e dinamica. Sembrerebbe un problema complesso, e invece date un'occhiata a come è possibile, con una tecnica che, mutuando un

sticate tecniche di analisi numerica. Il sistema permette la costruzione di sistemi complessi, calcolando il loro moto sotto un'ampia varietà di vincoli e forze. In aggiunta ai parametri imposti dall'utente (giunti, spine, vincoli, coefficienti fisici) il programma è capace di verificare l'azione di forze esterne, come collisione, gravità, condizioni di carico eccezionali, forze istantanee e puntiformi.

Ogni oggetto è dotato di caratteristiche proprie, come massa di elasticità, attrito, momento d'inerzia e così via. I vincoli di rotazione includono giunti rigidi, di rivoluzione e sferici, mentre quelli lineari comprendono binari, slitte, spine, piani inclinati e così via. Le proprietà di questi vincoli (ad esempio il coefficiente d'attrito) sono prelevabili da una vasta libreria, o definibili direttamente dall'utente in forma numerica o di equazione. Ancora, ai corpi è possibile applicare spinte (motori) lineari, forze torcenti, componenti del moto determinate da altri corpi in movimento, e ancora di più.

L'ambiente dispone di numerose facility, che semplificano spesso in maniera rilevante la gestione dei modelli. Ad esempio è possibile definire un punto, in un corpo, come centro del giunto e il programma collegherà a questo un altro punto di giunto situato su un altro corpo. Processi di collisione, determinati da eventi configurabili, possono essere monitorati e verificati momento per momento, così da gestire al meglio processi di crash di oggetti, prove di resilienza, comportamento poco prevedibile di oggetti sottoposti o no a vincoli. In aggiunta l'ambiente utilizza le due tecniche di controllo di integrazione di Eulero o di Kutta-Merson, con intervalli di tempo fissi e variabili, permettendo all'utente di definire il livello di accuratezza e di errore della simulazione. Forze standard, come quella di gravità, possono essere escluse o no dall'analisi, la simulazione può essere interrotta e ripresa in ogni momento, e, al contrario di quanto avviene altrimenti, la simulazione avviene in un unico ambiente che comprende modellazione, simulazione e analisi, senza alcun bisogno di prevedere tecniche di pre e post-processing.

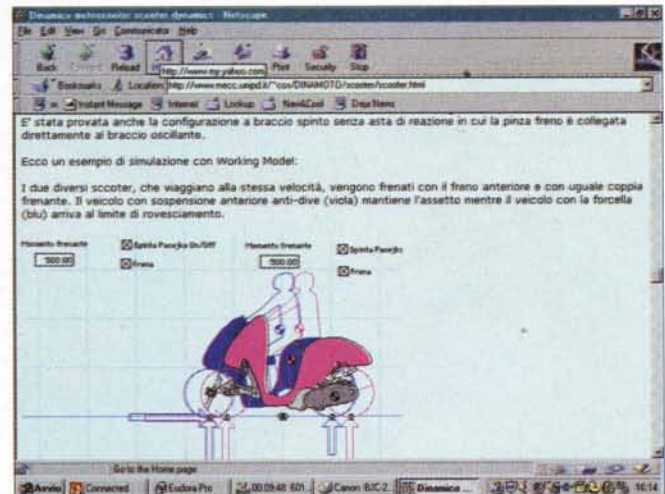
Come dicevamo, tutti i parametri interessanti la prova e da questa modificati (tempo, velocità, accelerazione, momento, posizione, velocità e accelerazione angolare, coppia, attrito, caratteristiche del contatto e diversi altri) sono monitorati in continuo, sono misurabili in base a unità di misura dei diversi sistemi o customizzate dall'utente, e ogni oggetto è gestibile attraverso coordinate relative che possono essere cambiate in ogni momento. WM



La home page di Knowledge Revolution.

è dotato di ampie possibilità di scambio dati (specialmente nei confronti dei CAD) e permette di eseguire rendering, rappresentazione e visualizzazione dinamica del processo completo.

Uno dei pezzi forti del pacchetto è, senza ombra di dubbio, il manuale di riferimento. In esso praticamente nulla è dato per scontato e anche se leggerlo richiede un minimo di conoscenze di fisica (e in particolare di meccanica) raggiungere livelli di realizzazione di modelli abbastanza complessi è cosa di pochi giorni di applicazione. La tecnica di assemblaggio di corpi complessi, prevedibilmente non certo patrimonio dell'utente comune, guida passo passo in maniera accurata e sempre chiara; ma quello che davvero rappresenta un tesoro di gran valore è l'insieme delle librerie di tool, materiali, oggetti già definiti, che permette di snellire lavori basati su simulazioni coinvolgenti parti standard. Una volta che la simulazione è stata completata essa può essere conservata completamente, intendendo con questo non solo il salvataggio del filmato, ma anche di tutti i parametri intervenuti nella simulazione e nel suo sviluppo. Queste misure possono essere graficizzate in diagrammi ad hoc (si immagini la curva di coppia di un motore), ed esportate in forme diverse (es. dati per utilizzo in fogli Excel).



Un esempio di utilizzazione del package nella simulazione di una sospensione di un motor-scooter.

## Conclusioni

Working Model 3D è un fantastico ambiente di simulazione del comportamento di corpi dotati di proprie caratteristiche e sottoposti a vincoli. Dotato di un manuale eccellente, ormai ben testato da una presenza sul mercato quasi decennale, offre un ambiente di lavoro e una interfaccia semplice da usare, amichevole, facile ad apprendere e dotata di una velocità, anche su macchine non al top delle prestazioni, che non ci saremmo aspettati da un pacchetto capace di manipolare dati e interazioni sovente molto complessi. Non a caso una brochure che accompagna il pacchetto mostra come questo programma sia stato utilizzato dall'Università di Padova nell'assistenza offerta alla Aprilia durante la progettazione del telaio delle sue moto. Se con la suocera avrò buoni risultati, su questa brochure ci sarò anch'io.

MS