

# Informatica Grafica II

## NURBS: curve e superfici

Marco Gribaudo  
marcog@di.unito.it

## Le curve NURBS

Come accennato nel corso di IG1, le NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) sono uno strumento matematico con cui memorizzare linee e superfici curve.

In questo corso esamineremo piu' in dettaglio come questi strumenti possano venire utilizzati per creare superfici continue all'interno di Maya.

Partiremo considerando le NURBS ad una dimensione (*curve*) per definire linee, quindi passeremo alle NURBS bidimensionali per la definizione di superfici.

## Le curve NURBS

Una curva NURBS e' caratterizzata da 4 aspetti:

Il *grado*

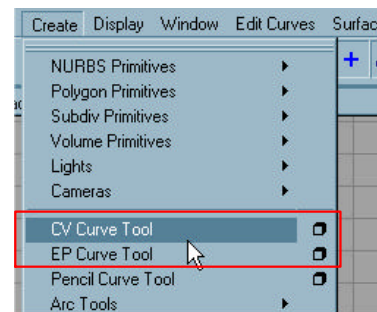
I *vertici di controllo*

I *punti finali*

Il *parametro  $u$*

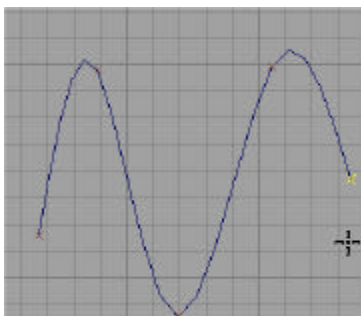
## Le curve NURBS

In Maya le curve NURBS si possono inserire attraverso gli strumenti *EP curve* e *CV curve*.



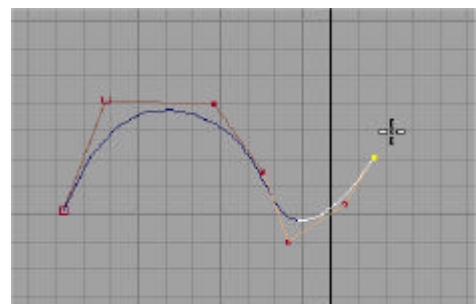
## Le curve NURBS

Le *curve EP* passano per i punti immessi dall'utente. Questi prendono il nome di *punti finali* (*EP - End Points*)



## Le curve NURBS

Le *curve CV* invece si avvicinano solamente ai punti immessi. I punti immessi prendono il nome di *vertici di controllo* (*CV - control vertices*).



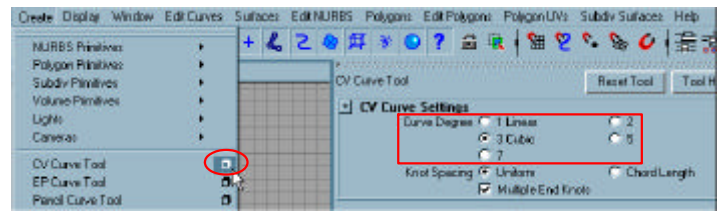
# Le curve NURBS

L'immissione di una curva NURBS (CV o EP) viene confermata premendo INVIO sulla tastiera.

Premendo il tasto INS, e' possibile modificare la posizione dei punti precedentemente immessi.

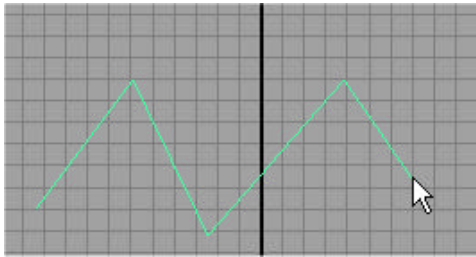
# Le curve NURBS

Sia per le curve CV che per quelle EP e' possibile specificarne il grado attraverso il quadratino delle opzioni.



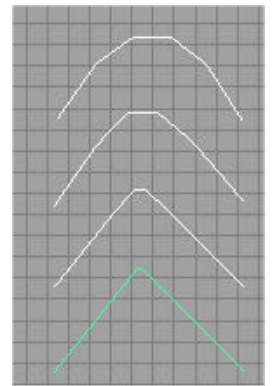
# Le curve NURBS

Il grado 1 crea delle linee poligonali spezzate (tanto per EP che per CV).



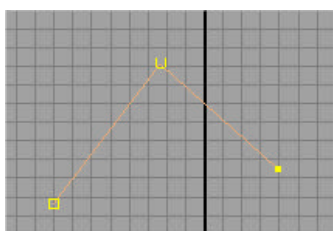
# Le curve NURBS

Maggiore e' il grado, maggiore e' la loro malleabilita' (capacita' di effettuare curve molto strette).



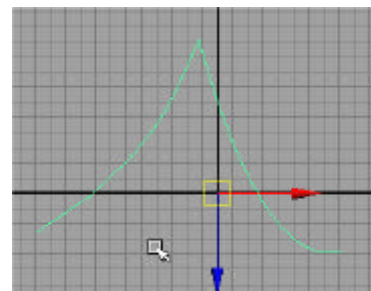
# Le curve NURBS

Per le curve CV, il grado determina il minimo numero di punti necessario per disegnare la curva: occorrono almeno  $n+1$  vertici, dove  $n$  rappresenta il grado.



# Le curve NURBS

Inoltre, inserendo in una medesima posizione tanti CV quanti il grado della curva, si crea una *cuspid*.



## Le curve NURBS

Dal punto di vista matematico, le curve NURBS sono definite unicamente attraverso i loro punti di controllo.

Esiste una formula, che calcola le coordinate di tutti i punti di una NURBS a partire dai valori dei suoi vertici di controllo.

Questa formula identifica tutti i punti in base ad un parametro: un numero addizionale utilizzato per specificare con precisione quale sia il punto di cui si vuole calcolare la coordinata. Tale numero prende il nome di *parametro  $u$* .

## Le curve NURBS

Il numero di punti finali ( $nEP$ ), di vertici di controllo ( $nCV$ ) ed il grado della curva ( $g$ ) sono legati dalle formule (equivalenti):

$$nCV = nEP + g - 1$$

$$nEP = nCV - g + 1$$

## Le curve NURBS

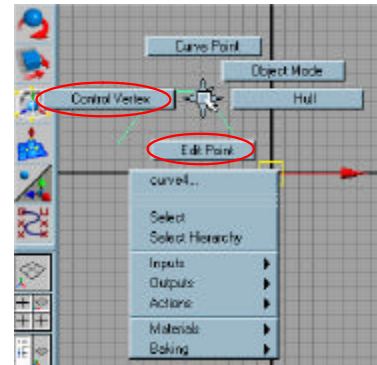
Quando si inserisce un curva EP, Maya aggiunge automaticamente i vertici di controllo.

Analogamente, quando si inserisce una curva CV, Maya aggiunge automaticamente i suoi EP.

Il valore del parametro (per le parametrizzazioni uniformi) cresce di una unita' oltrepassando ogni EP. Esso assume quindi un valore compreso tra  $0$  e  $nEP-1$ .

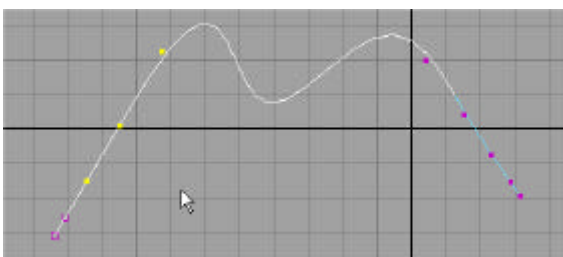
## Le curve NURBS

E' possibile modificare sia i CV che gli EP di una curva, premendo il RMB sulla linea e selezionando la voce opportuna.



## Le curve NURBS

Si possono quindi selezionare i vertici (EP o CV) della curva, esattamente come se fossero degli oggetti.



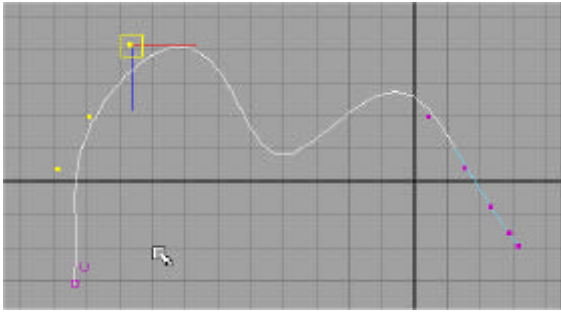
## Le curve NURBS

La posizione dei vertici selezionati puo' essere modificata utilizzando i comandi di traslazione, rotazione e variazione di scala.



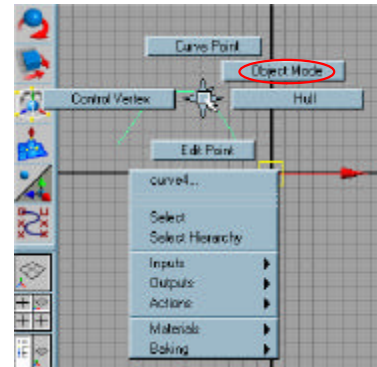
# Le curve NURBS

Anche il punto Pivot puo' essere modificato, cosi come si possono utilizzare i tasti di aggancio (**x**, **c** e **v**).



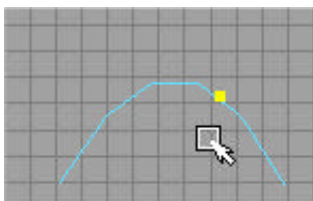
# Le curve NURBS

Per tornare a modificare la curva come se fosse un unico oggetto, occorre selezionare "Object Mode".



# Le curve NURBS

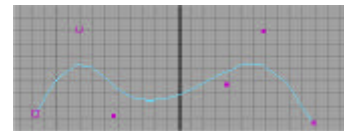
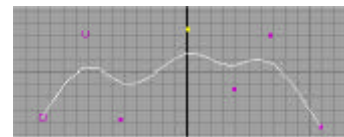
Attraverso "Curve Point" e' possibile selezionare punti sulla curva. In questo caso Maya ci visualizza anche il valore del parametro **u** che identifica il punto selezionato.



curve4.u[0.703814160651774]

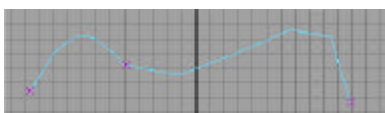
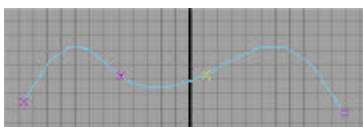
# Modificare le curve

E' possibile rimuovere un CV, selezionandolo e premendo CANC. Maya rimuove automaticamente anche un EP.



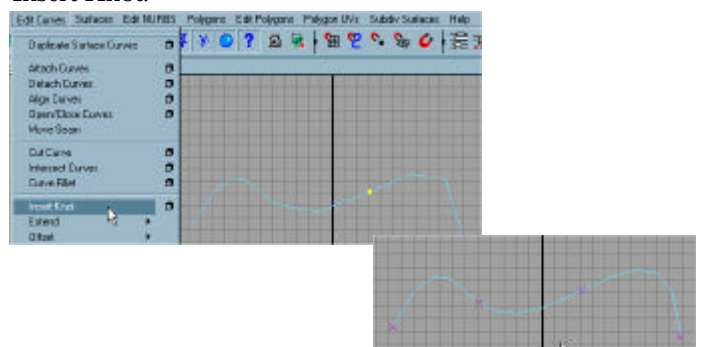
# Modificare le curve

Analogamente e' possibile rimuovere un EP, selezionandolo e premendo CANC. Maya rimuove automaticamente un CV.



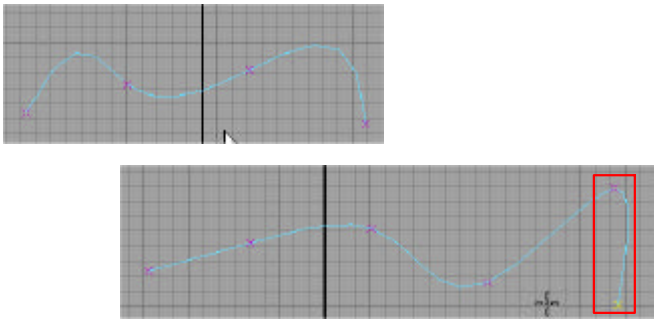
# Modificare le curve

E' possibile aggiungere un EP in mezzo ad una curva, selezionando il punto con "Curve Point", quindi richiamando Insert Knot.



## Modificare le curve

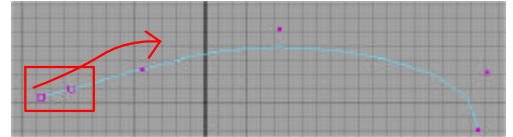
Con Add Point Tool e' possibile continuare l'immissione di una curva, aggiungendo nuovi CV o EP.



## Modificare le curve

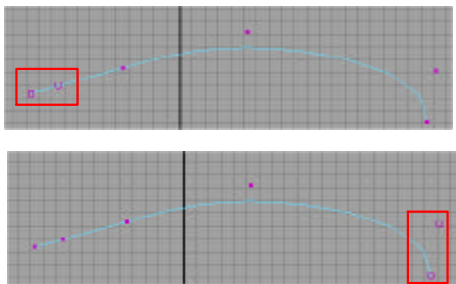
La direzione della curva indica il verso in cui cresce il parametro u.

Mostrando i CV, e' possibile capire la direzione della curva: un CV a forma di O ne indica l'origine, mentre uno a forma di U ne determina il verso.



## Modificare le curve

Si puo' invertire la direzione della curva con Reverse Curve Direction.



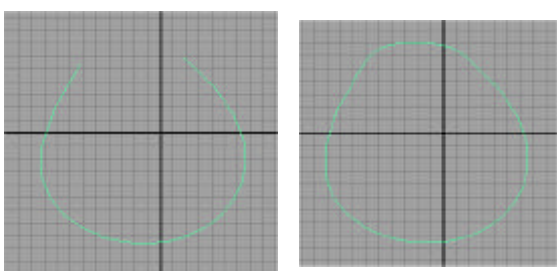
## Modificare le curve

Le curve NURBS chiuse devono venire inserite in un modo speciale.

Occorre infatti che gli ultimi vertici siano posizionati esattamente sopra i primi: non e' sufficiente far si che il primo e l'ultimo vertice coincidano.

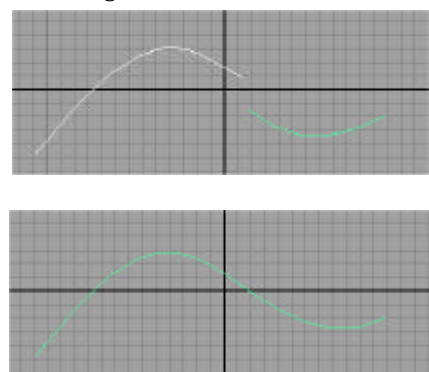
## Modificare le curve

Si puo' aprire o chiudere una curva con Open/Close curve: in questo caso Maya aggiunge o toglie un numero opportuno (pari al grado) di vertici coincidenti con l'inizio della linea.



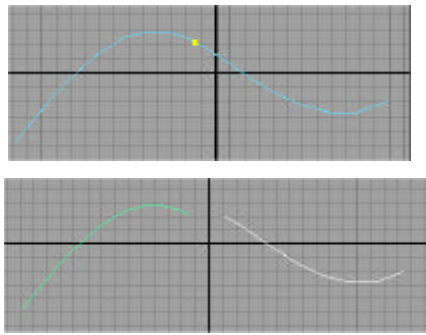
## Modificare le curve

Attach Curves collega due curve.



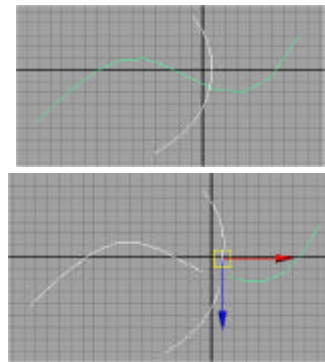
## Modificare le curve

Detach Curves spezza un curva in due in base al punto selezionato.



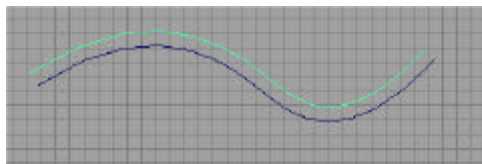
## Modificare le curve

Cut curves, taglia due curve che si intersecano in un punto, generando quattro segmenti a partire dall'intersezione.



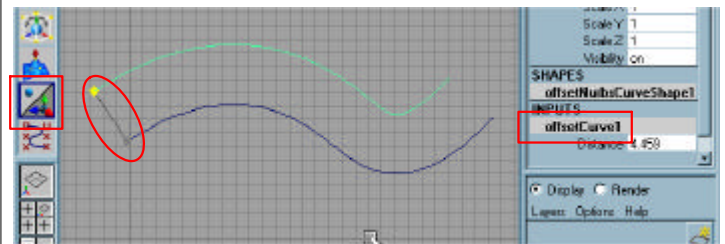
## Modificare le curve

Offset crea una copia della curva sorgente, leggermente spostata.



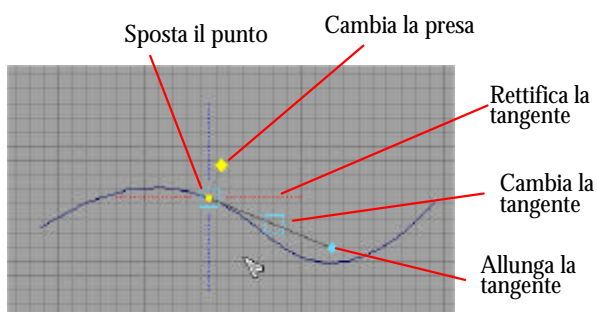
## Modificare le curve

In questo caso, attraverso i manipolatori, selezionando "offset curve" nella storia, si puo' specificare la distanza a cui creare la copia.



## Modificare le curve

Il Curve Editing Tool permette di modificare a piacere la curva.



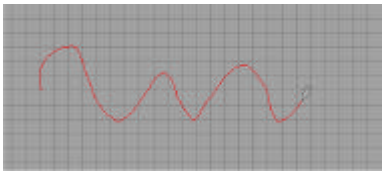
## Modificare le curve

Le curve NURBS non vengono renderizzate. Servono solamente come punto di partenza per costruire superfici o definire traiettorie di movimento.

Nella visualizzazione, esse vengono approssimate da un insieme di segmenti contigui. I tasti 1, 2 e 3 specificano quanti segmenti vengono adoperati per visualizzare la curva selezionata.

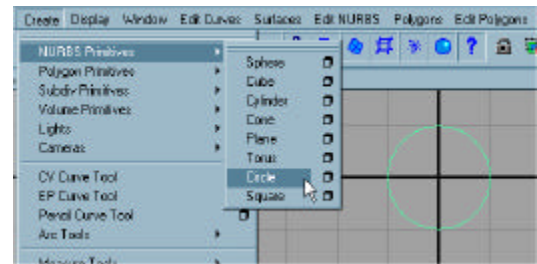
## Modificare le curve

Altri comandi per immettere le NURBS sono lo strumento per il disegno a mano libera.



## Modificare le curve

Ed il cerchio.



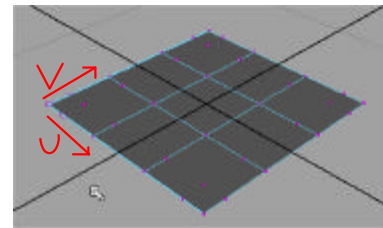
## Superfici NURBS

Le NURBS possono essere estese anche al caso bidimensionale per descrivere superfici piuttosto che linee.

In questo caso si parla di *vertici di controllo*, *pezzi di superficie*, *grado* e *parametri  $u$  e  $v$* .

## Superfici NURBS

Dal momento che si tratta di superfici bidimensionali, le coordinate dei punti che vi appartengono vengono determinate da due *parametri*, chiamati  $u$  e  $v$ .



## Superfici NURBS

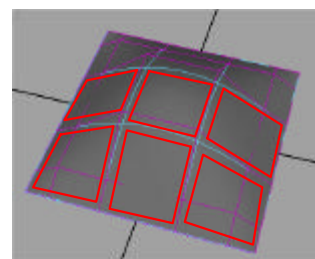
I pezzi di superficie (*surface patch*) sono in un certo senso l'equivalente degli EP per una superficie NURBS.

Il numero di surface patch ( $nSP$ ) e' legato al numero di CV in modo analogo agli EP:

$$nSP_u \times nSP_v = (nCV_u - g) \times (nCV_v - g)$$

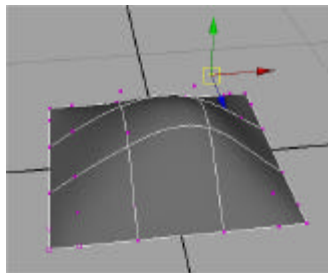
## Superfici NURBS

Tutte le superfici NURBS derivano da una deformazione spaziale di una griglia di superfici quadrate (le *surface patch*) affiancate.



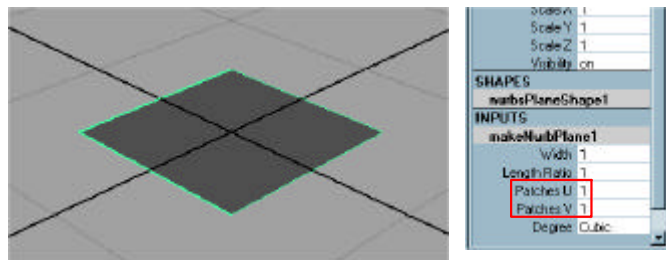
# Superfici NURBS

Le posizioni dei punti di controllo ne determinano la deformazione.



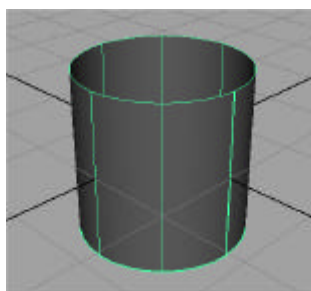
# Superfici NURBS

La primitiva NURBS piu' semplice e' il piano. In questo caso si puo' specificare da quante patch sia composto nei due assi.



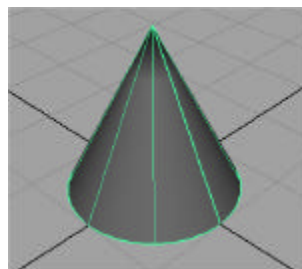
# Superfici NURBS

Nel caso del cilindro, la superficie quadrata si richiude su se stessa.



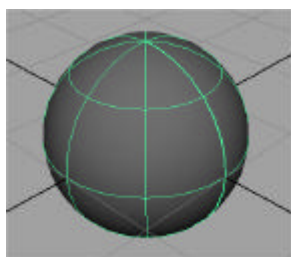
# Superfici NURBS

Nel caso del cono, il bordo della superficie superiore si riduce ad un punto.



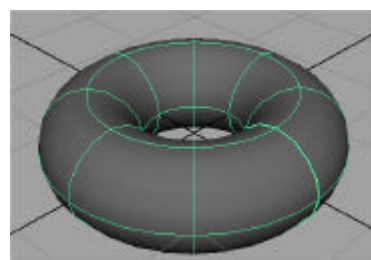
# Superfici NURBS

La sfera viene creata riducendo ad un punto entrambi i bordi.



# Superfici NURBS

Il toro viene invece creato richiudendo su se stessa la patch in entrambe le direzioni.





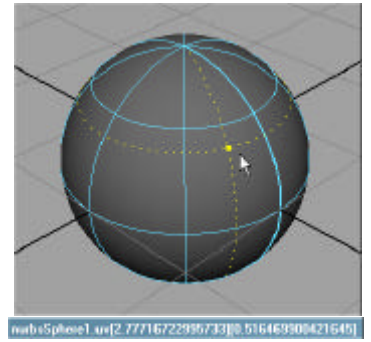
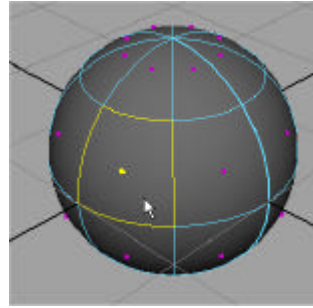
# Superfici NURBS

Le superfici NURBS possono essere modificate solamente attraverso i CV.



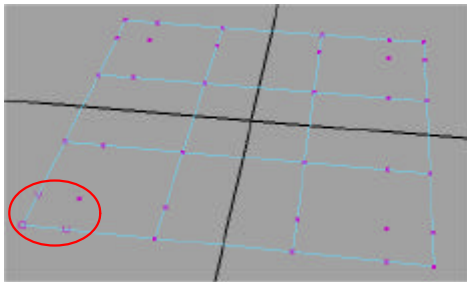
# Superfici NURBS

Possono invece anche essere selezionate le Patch, ed i punti (con le relative coordinate  $u$  e  $v$ ).



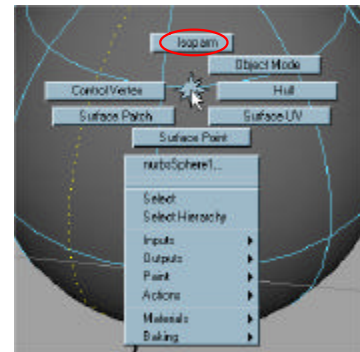
# Superfici NURBS

Anche in questo caso la direzione della superficie viene visualizzata attraverso una piccola U ed una piccola V che sostituiscono due vertici di controllo.



# Superfici NURBS

Una curva *isparametrica* (*isoparm*) rappresenta il luogo dei punti aventi lo stesso valore per una coordinata ( $u$  o  $v$ ).



# Superfici NURBS

Sono in pratica linee giacenti sulla superficie di una NURBS, parallele ai bordi delle patch. Ne sono due fasci ortogonali, paralleli ai bordi orizzontali e verticali (coordinate  $u$  e  $v$ ).

