

1

Una (imperfetta) categorizzazione dei tipi di modelli digitali 3D

		ELEMENTI DISCRETI			CONTINUI
		regolari «a griglia»	semi-regolari o irregolari		
			elementi simpliciali	elementi non simpliciali	
SUPERFICIALI	2-manifold «rappresenta una vera superficie»	Height Field Range Scan (Geometry Images)	Triangle Mesh	Polygonal Mesh Quad-Mesh Quad dominant Mesh	Subdivision surface Parametric Surface (es. B-splines)
	non-manifold «non rappresenta una sup»	Set di Range Scan	Point Cloud		
VOLUMETRICI	(3-manifold)	Voxels Solid Textures	Tetra Mesh	Hexa Mesh	Implicit model (es. CSG)

2

## Point cloud

- ✓ La nuvola di punti è un dato superficiale che descrive il *boundary* dell'oggetto 3D (la superficie) attraverso un campionamento
  - ⇒ Ogni campione: un punto passante sulla superficie
- ✓ Per ogni campione:
  - ⇒ La sua **posizione** (un punto 3D)
  - ⇒ Una descrizione del piano passante per quel punto (nota: qualsiasi superficie, vista abbastanza da vicino, somiglia ad un piano) quindi la sua **normale** (vedi dopo)
  - ⇒ Eventualmente (raro), qualsiasi altro dato relativo a quel campione, detto **attributo** (per esempio, colore, materiale, o cose dipendenti dal contesto, come temperatura, pressione, ... )



3

## Surface normals (concetto generale in CG)

Come descrivere il piano passante per un punto?

E quindi l'orientamento *locale* di una superficie (locale = in un suo dato punto)

- ✓ Basta descrivere l'*orientamento* di questo piano
- ✓ Possiamo descrivere l'orientamento di un piano fornendo un *vettore* ortogonale al piano
  - ⇒ Detto "vettore normale" o "normale alla superficie" o anche "normale"
  - ⇒ ("La normale della superficie")
  - ⇒ E' un vettore unitario
  - ⇒ E' la direzione nella quale una mosca volerebbe, se volesse allontanarsi dalla superficie il più velocemente possibile
- ✓ Esempio:
  - ⇒ una superficie *piatta* ha una normale costante in ogni punto, mentre una superficie *curva* ha una normale che varia in ogni punto.

Una nuvola di punti è un campionamento di posizioni e normali di una data superficie.



4

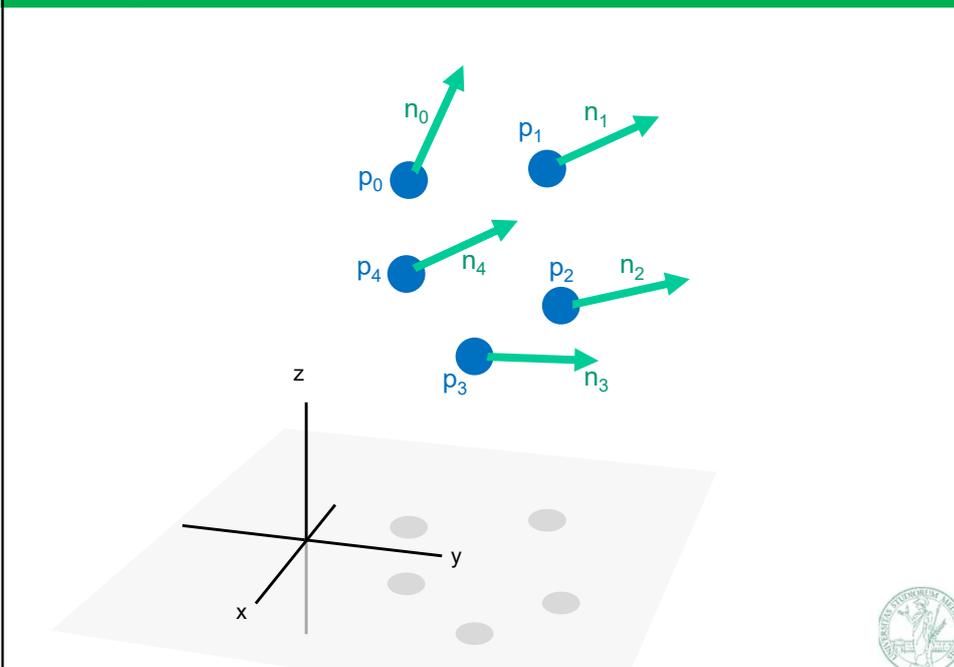
## Point Cloud

- ✓ Collection of 3D surface samples
- ✓ Completely unstructured
- ✓ For each sample:
  - ⇒ position  $\mathbf{p}$  ( $x,y,z$ )
  - ⇒ "normal"  $\mathbf{n}$  ( $x,y,z$ )  
(local surface orientation)
  - ⇒ often, other attributes as color  
(or, albedo, base color)
- ✓ Typically:
  - ⇒ the set of points is very large
  - ⇒ defects such as noise or outliers (see later)



5

## Point Cloud



6

### Point Cloud

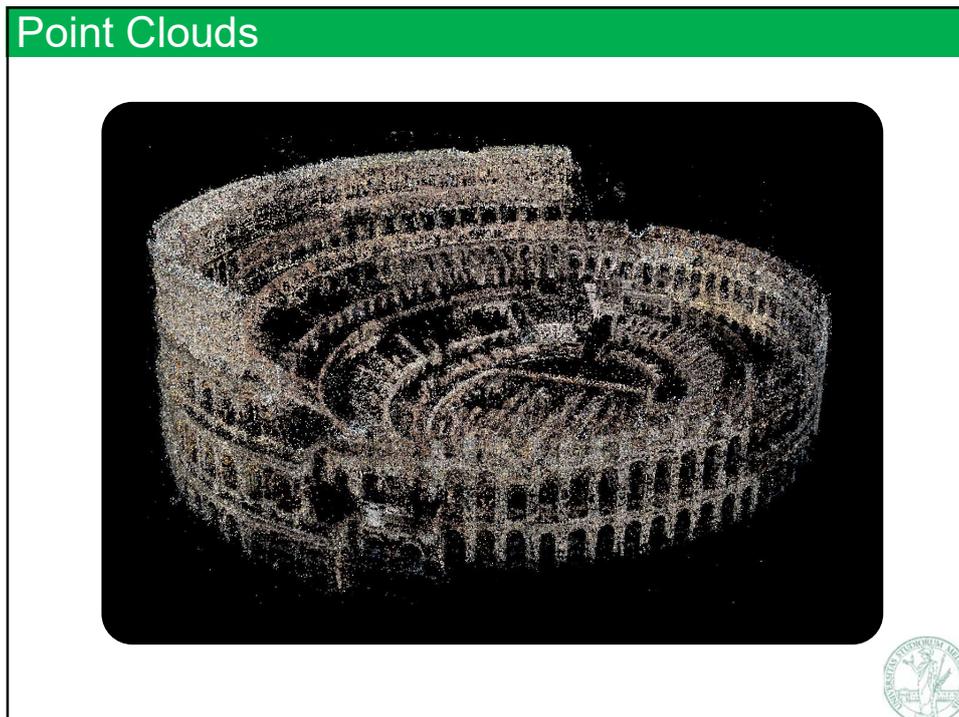
*Grazie alla presenza di normali, che descrivono l'orientamento della superficie, possiamo immaginare la nuvola di punti come una collezione di «dischetti» (orientati) piuttosto che di punti (non orientati)*

VEDERE LA LEZIONE  
Su algebra di punti e vettori

7

### Point Cloud

8



9

### Point Clouds: notes

- ✓ Each sample represents a bit of surface (a “surfel”) around its position
  - ⇒ thanks to the knowledge of local orientation  $\mathbf{n}$
- ✓ The easiest dataset to **capture** – hence popular
  - ^ see later
- ✓ Not the ideal dataset to **use**
  - ⇒ from a mathematic point of view:
    - does **not** define a surface
      - e.g. not easy to determine volume, or inside/outside status of a given position, etc.
  - ⇒ from an algorithmic point of view:
    - does **not** define a graph
      - e.g. not easy to define neighbors of a sample (which is needed by most algorithms on surfaces)
  - ⇒ for not ideal for rendering (due to gaps & overlaps)



10

## Point cloud

- ✓ Come si definisce la sua risoluzione?
- ✓ Può avere una risoluzione adattiva?
- ✓ Si presta ad una multi-risoluzione?
- ✓ Può essere re-illuminata?
- ✓ Può essere facilmente editata?
- ✓ L'oggetto rappresentato può essere 3D printed?



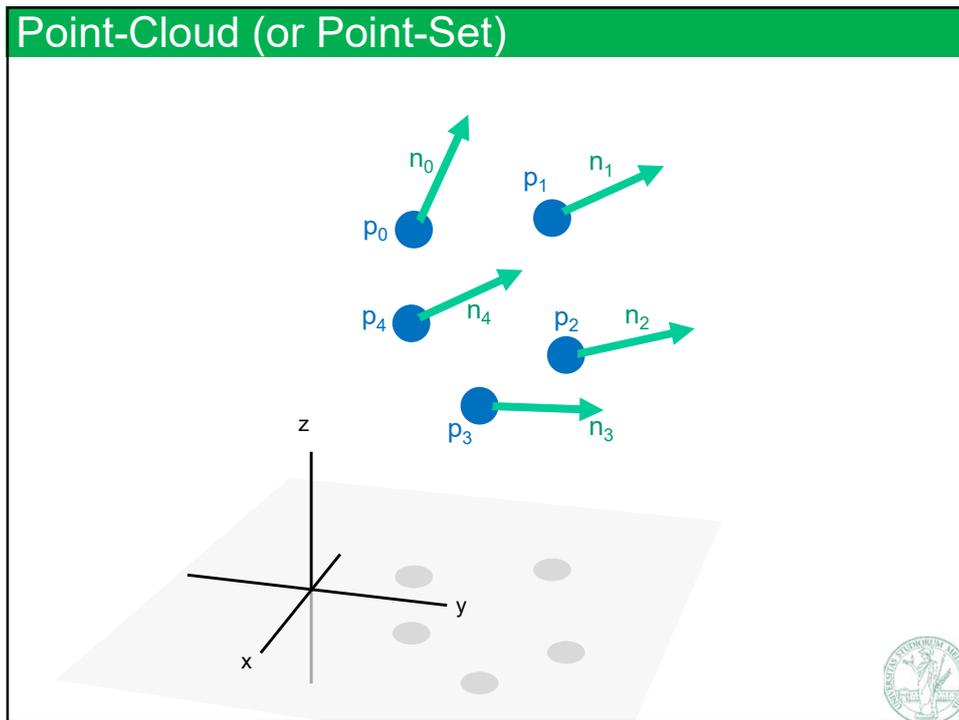
12

## Point cloud

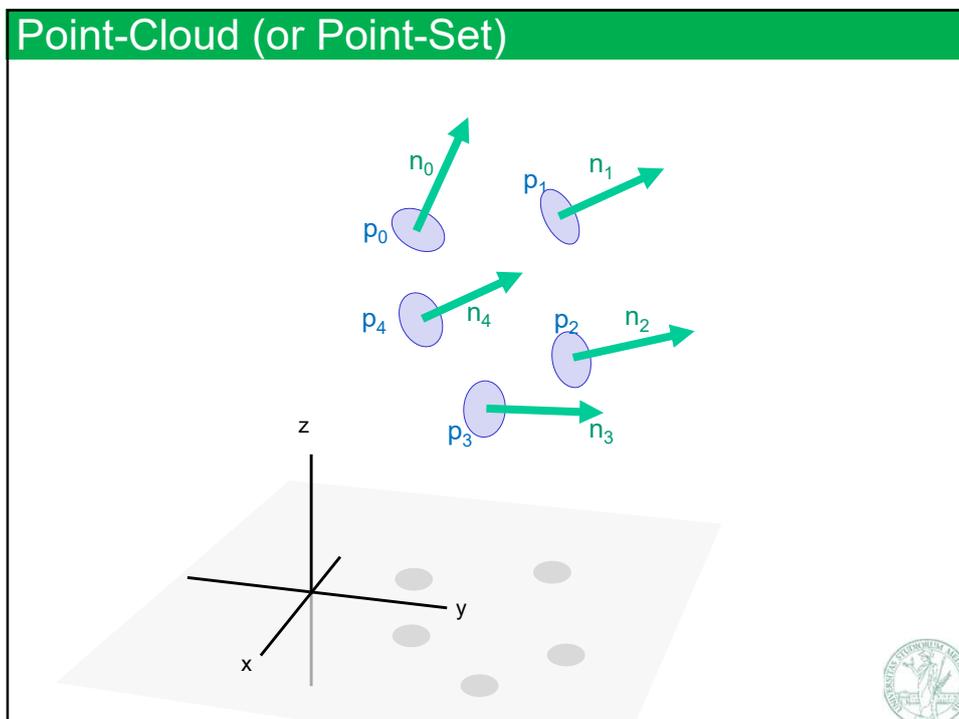
- ✓ Come si definisce la sua risoluzione?
  - ⇒ numero di punti (o vertici)
- ✓ Può avere una risoluzione adattiva?
  - ⇒ si! campionamento non necessariamente uniforme
- ✓ Si presta ad una multi-risoluzione?
  - ⇒ si! basta prendere un sottoinsieme dei punti (vedi poi)
  - ⇒ quindi anche continua
- ✓ Può essere re-illuminata?
  - ⇒ si, grazie alle normali
- ✓ Può essere facilmente editata?
  - ⇒ con molta difficoltà. In pratica, non sono
- ✓ L'oggetto rappresentato può essere 3D printed?
  - ⇒ no.



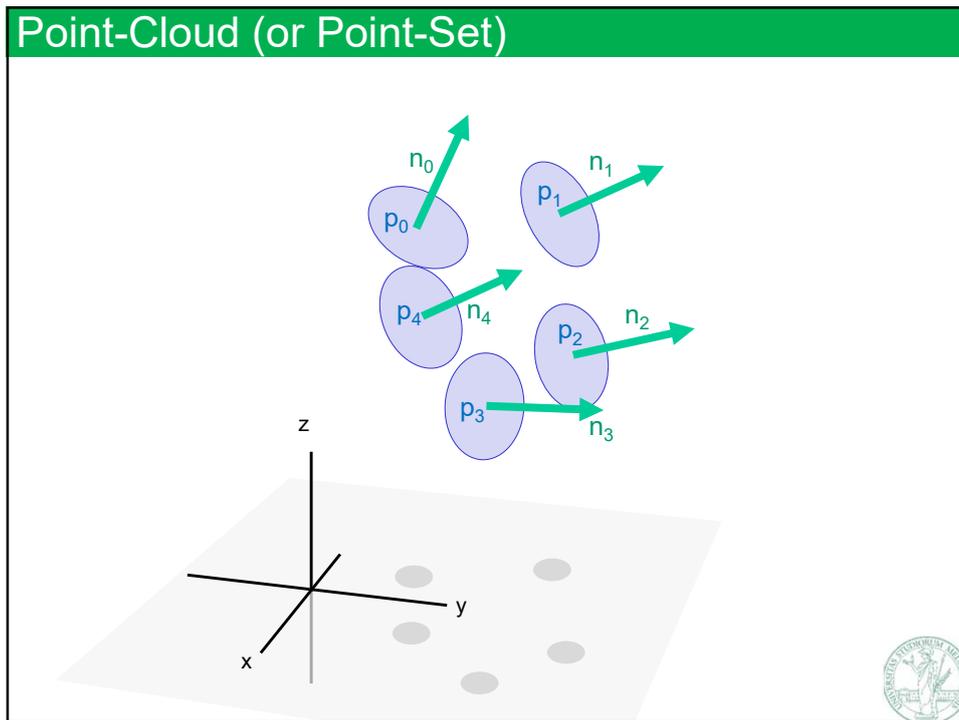
13



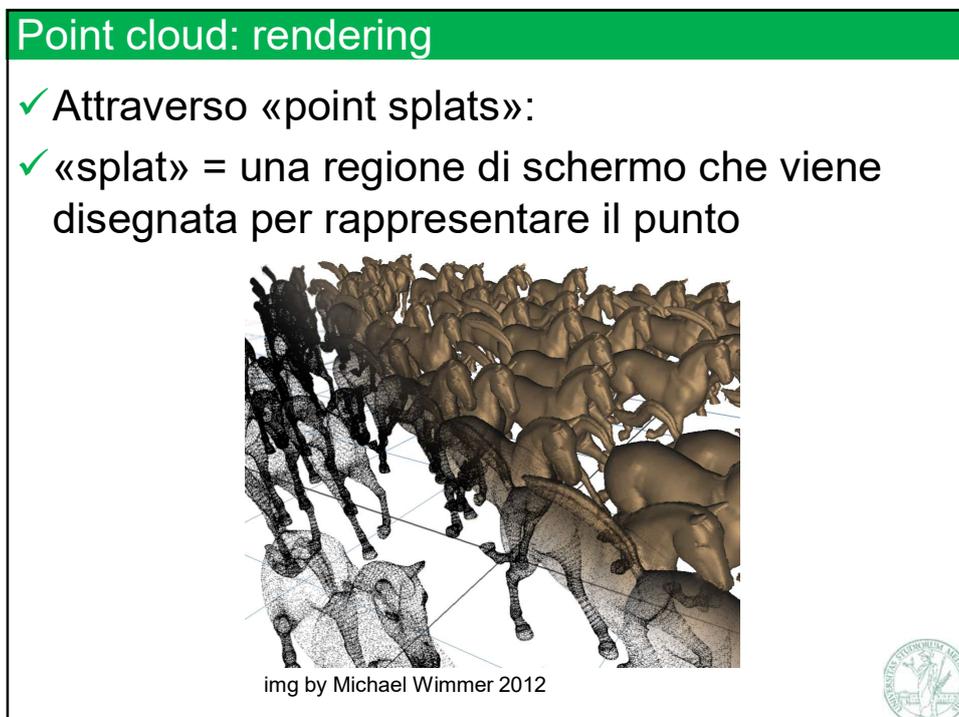
14



15



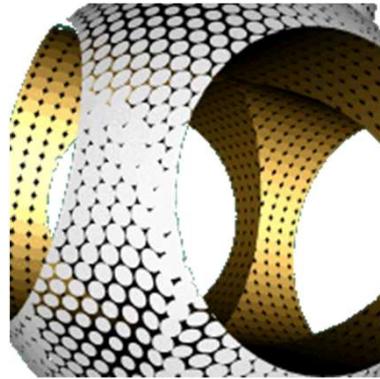
16



17

## Point cloud: rendering

- ✓ dimensione dello splat dipende dalla densità dei punti, la distanza, etc
- ✓ disegnabili anche come pezzetti di superficie



possibile  
grazie  
alle normali!

img by Mario Botsch, 2004



18

## Point cloud: file formats

- ✓ <filename>.xyz
- ✓ davvero molto semplice...

```
-93.588310 384.453247 8.672122 -0.750216 0.605616 0.265339
-93.365311 384.456879 9.228838 -0.766408 0.558148 0.317947
-92.981407 384.595978 9.903000 -0.771328 0.544261 0.329898
-93.032166 384.662994 9.664095 -0.753935 0.579665 0.309145
-92.670418 384.707367 10.423333 -0.773636 0.510460 0.375390
-92.432343 384.866455 10.697584 -0.775882 0.504696 0.378535
-92.233391 384.935974 11.023732 -0.770233 0.538780 0.341258
-91.959816 384.952209 11.629505 -0.765533 0.534614 0.357975
-91.684883 385.122528 11.965501 -0.783344 0.499727 0.369656
-90.981750 385.299408 13.283755 -0.797000 0.474158 0.374119
-91.017151 385.362061 13.132144 -0.801652 0.457642 0.384600
-90.481400 385.523560 13.933455 -0.691992 0.589880 0.416160
-90.241745 385.597351 14.216219 -0.664425 0.625032 0.409725
-89.772568 385.683197 14.820392 -0.626528 0.653291 0.425056
-89.167023 385.833191 15.455617 -0.654831 0.640269 0.401562
-88.530830 386.009369 16.353712 -0.737686 0.498695 0.455108
-87.759621 386.192017 17.259428 -0.681486 0.572231 0.456211
-86.996521 386.357880 18.085392 -0.653592 0.574349 0.492890
-86.823006 386.214783 18.469635 -0.665109 0.533859 0.522135
-85.953079 386.573792 19.228466 -0.682286 0.524974 0.508810
```

...eccetera



19

## Multirisoluzione su point cloud

- ✓ La point cloud è semplice da gestire perché ogni punto è indipendente dagli altri
- ✓ Ad esempio, una semplice **multirisoluzione continua** si ottiene semplicemente prendendo un sottoinsieme
- ✓ **Strategia:** (adottata ad es da «qSplat» - Stanford uni)
  - ⇒preordinare la point cloud di N vertici in modo che i primi  $M < N$  vertici siano ben distribuiti
  - ⇒(mischiarli a caso = buona approssimazione!)
  - ⇒in fase di rendering disegnare solo i primi M vertici
  - ⇒fast preview

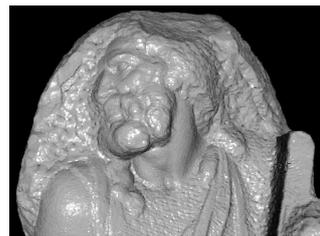


20

## Multirisoluzione su point cloud



131,712 splats 132 ms



259,975 splats 215 ms



1,017,149 splats 722 ms



14,835,967 splats 8308 ms

Images by QSplat



23