

Geometria e mesh

- Il processo di suddivisione in elementi si compie su una geometria costituita di vertici, linee, superfici e volumi
- La descrizione della geometria appartiene alla fase di pre processing ovvero alla definizione dello studio
- E' possibile descrivere la geometria attraverso un modulo dedicato nel software di pre processing
- La geometria può essere importata da fonti esterne al software fem mediante formati generici di scambio (.iges, .step, .stl, brep, ecc...)

Creazione della geometria

- Ai fini fem la descrizione della geometria richiede una precisione elevata. Quando possibile conviene costruire la geometria con uno strumento dedicato all'ambiente fem
- Quando la geometria viene importata da altre fonti esterne all'ambiente fem, è opportuno controllarne la precisione.
- Il controllo esclude e/o corregge la presenza di difetti nella geometria

Geometrie CAD geometrie FEM

- Un modello cad non è un modello fem. Essi non sono equivalenti
- “Contrariamente alle dichiarazioni dei commercianti di CAD i loro modelli solidi non sono esportabili senza cuciture (“seamlessy”) fra un programma cad e l'altro”
- I modelli cad e fem sono differenti perché concepiti per scopi diversi
- Il modello cad è sviluppato per dare informazioni sulla costruzione del particolare. Quote, filettature, raccordi, smussi, ecc...
- Il modello FEM mira ad altre informazioni meno dettagliate. Basti pensare al processo di “idealizzazione”. A volte è sufficiente rappresentare solo metà modello grazie a simmetrie. Dettagli costruttivi che non influenzano i risultati di interesse possono essere non rappresentati (raccordi, fori, viti, smussi esterni, ecc...)

Principali difetti delle geometrie importate

- Punti vicini con relativi spigoli (linee), brevi in relazione alla media degli altri spigoli
- Bordi sovrapposti. La tolleranza di rappresentazione grafica mostra uno spigolo unico. Invece l'importazione in un modulo geometrico dedicato al fem rivela che si tratta di due bordi molto vicini. Bordi vicini creano elementi piccoli o distorti in fase di mesh
- Spigoli ad anello. La rappresentazione di superfici complesse quali raccordi su spigoli intersecanti porta la creazione di curve che si avvolgono su se stesse. Cogliere la curvatura di tali linee porta alla creazione di elementi piccolissimi rispetto agli altri elementi, oppure ad elementi compenetrati l'uno con l'altro

Altri difetti delle geometrie importate

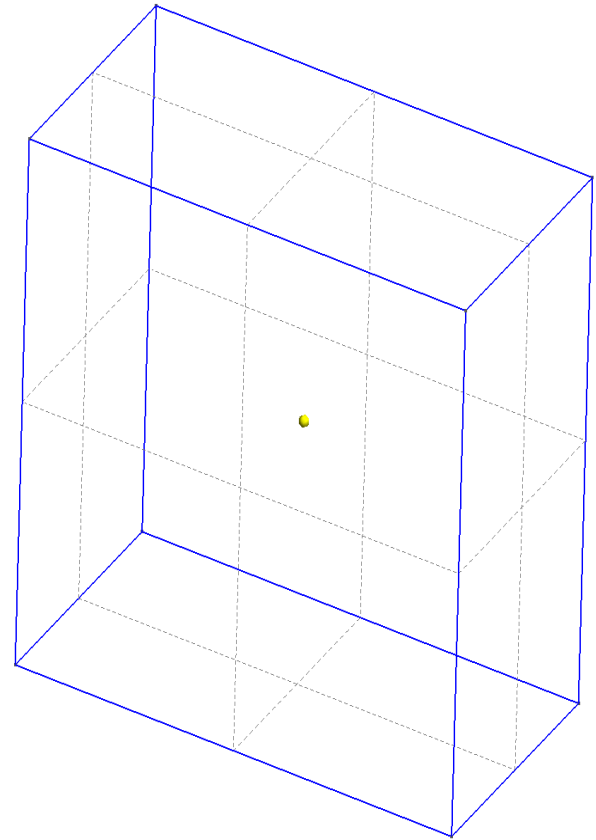
- Piccole superfici. Raccordi su spigoli convergenti originano superfici di piccola area unite a strisce sottili ma di grande area. Il meshatore automatico è costretto ad unire aree con piccoli elementi ad aree con grandi elementi in spazi ristretti, generando forme distorte
- T-junction. Si originano quando tre superfici esterne di un volume unico, si uniscono ad uno spigolo. A causa della discontinuità della normale uscente delle superfici, l'algoritmo di mesh non è più in grado di decidere dove sia l'interno o l'esterno de volume
- Facce o superfici mancanti. L'incompleta esportazione della geometria restituisce soli i bordi di alcune superfici, lasciando dei “buchi” nella superficie esterna del solido

Riparare le geometrie

- Il modulo geometrico dispone di strumenti per riparare i difetti principali
- Strumenti di unione. Ad esempio uniscono i bordi sovrapposti o superfici adiacenti separate da un bordo comune
- Strumenti di partizione. Suddividono volumi, superfici o linee creando nuove geometrie su cui saranno sicuramente distribuiti nodi
- Strumenti di rimozione: fili o facce interne, piccole superfici o piccoli volumi.
- Creazione di punti sugli spigoli, utili per vincoli o carichi
- Strumenti per garantire la continuità della tangenza fra superfici adiacenti

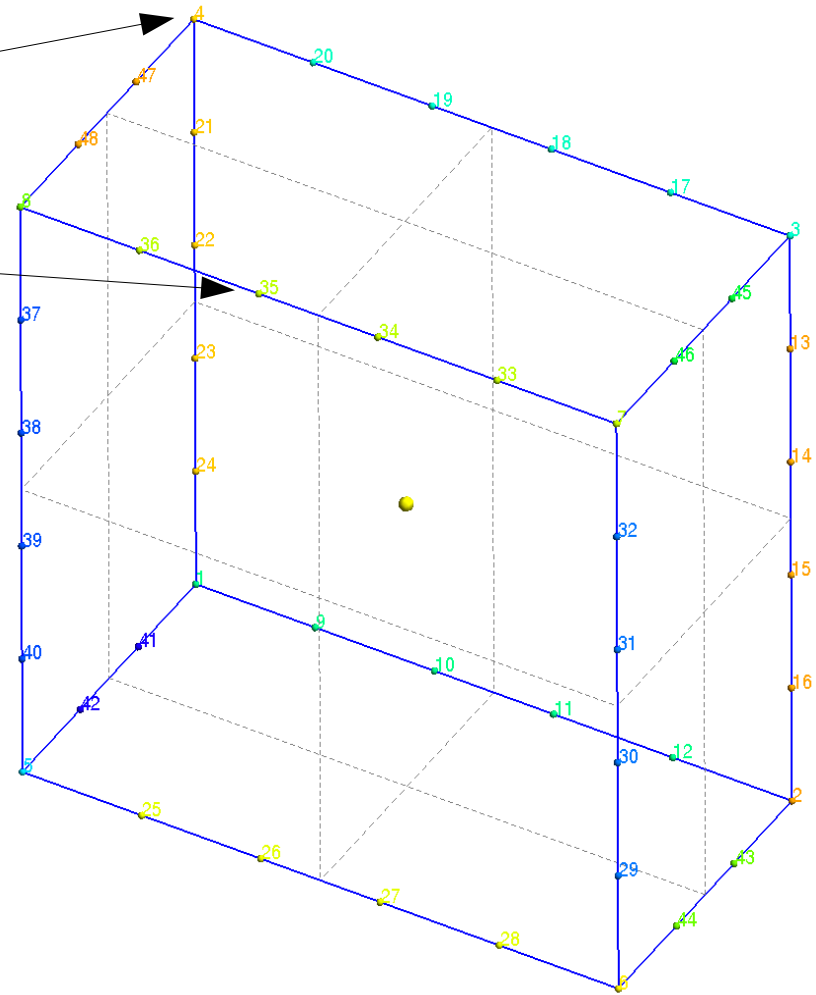
Generazione automatica della mesh

- Parte da una geometria costituita da: vertici, spigoli, superfici e volumi



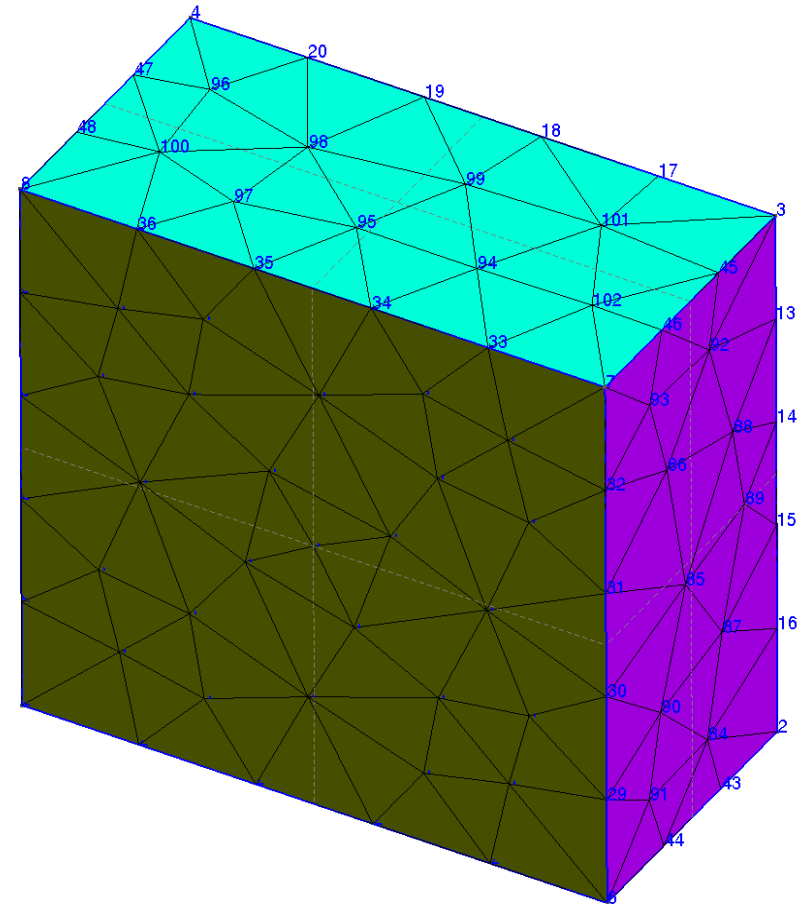
Mesh 1 dimensionale

- Vengono creati nodi sui vertici della geometria poi sugli spigoli
- I nodi sono identificati univocamente con numeri crescenti
- Il numero di un nodo non viene mai ripetuto
- La distanza fra i nodi può essere controllata scegliendo fra diversi algoritmi a loro volta gestiti da parametri



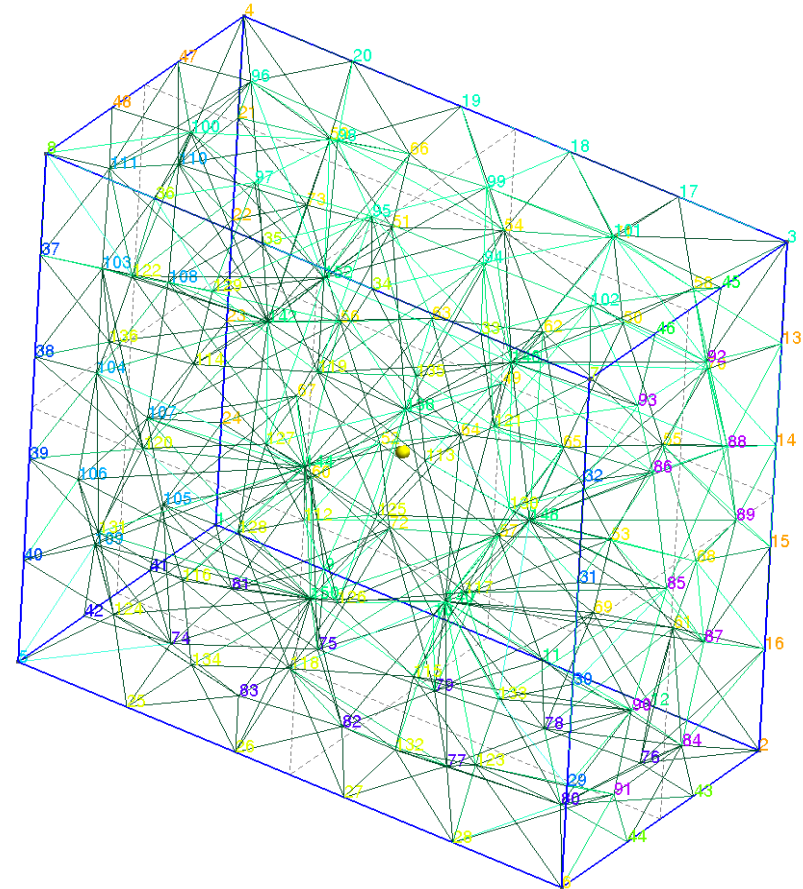
Mesh 2 dimensionale

- Vengono creati nodi sulle superfici della geometria proseguendo nella numerazione
- L'attribuzione numerica prima a vertici, poi a spigoli e superfici porta a nodi vicini ma numeri lontani



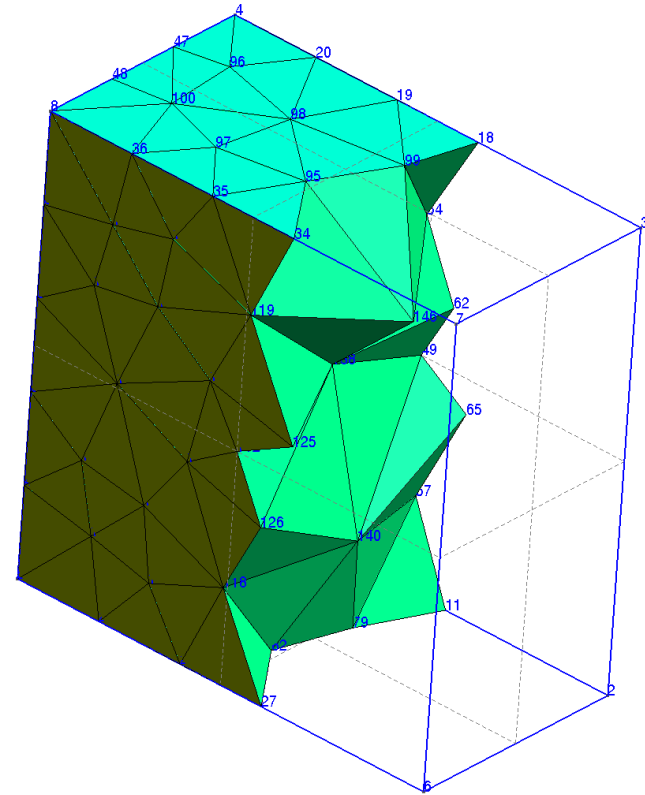
Mesh 3 dimensionale

- La generazione dei nodi continua all'interno del volum
- Infine vengono crea gli elementi i cui vertici sono attaccat ai nodi già creati



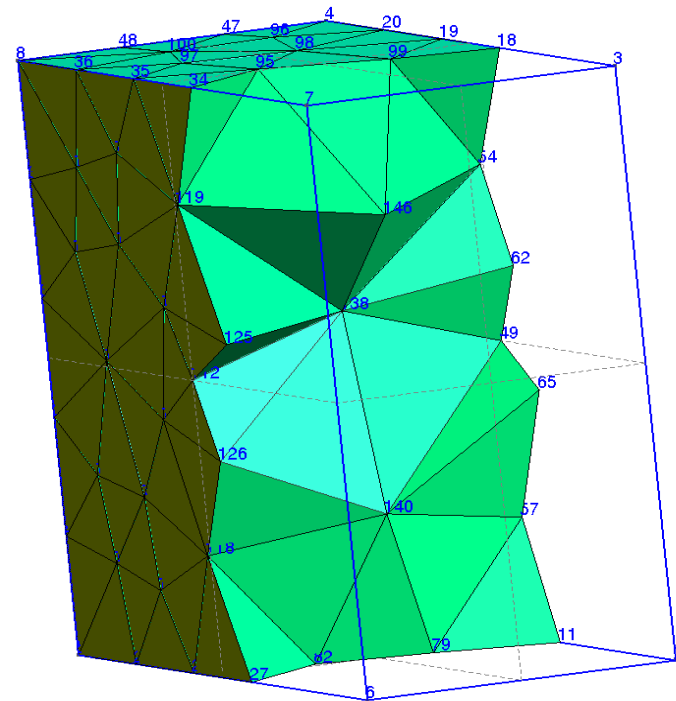
Mesh interna

- La complessità interna di una mesh, anche di una geometria semplice, richiede un processo automatico



Mesh interna II

- Conviene gestire l'interno delle mesh partizionando i volumi, scegliendo algoritmi diversi e cambiando i parametri descrittivi
- Ad esempio si può specificare la massima lunghezza dei bordi degli elementi o l'addensamento degli elementi in base alla curvatura dello spigolo
- Si può impostare il massimo volume che avrà un elemento o la massima area delle facce di elementi afferenti ad una superficie



Mesh testuale

- La generazione automatica della mesh porta ad un file di testo ASCII
- La prima parte elenca i nodi e le loro coordinate nel sistema cartesiano della geometria

```
$MeshFormat
2.2 0 8
$EndMeshFormat
$Nodes
144
1 0 0 0
2 100 0 0
3 100 100 0
4 0 100 0
5 0 0 50
6 100 0 50
7 100 100 50
8 0 100 50
9 19.99999999991413 0 0
10 39.99999999984005 0 0
11 59.99999999980733 0 0
12 79.99999999989062 0 0
13 100 80.00000000014211 0
14 100 60.00000000025813 0
15 100 40.00000000025814 0
16 100 20.00000000014211 0
17 80.00000000014211 100 0
18 60.00000000025813 100 0
19 40.00000000025814 100 0
20 20.00000000014211 100 0
21 0 80.00000000014211 0
22 0 60.00000000025813 0
23 0 40.00000000025814 0
24 0 20.00000000014211 0
25 10 0000000001413 0 50
```

Mesh testuale II

- La seconda parte del testo elenca gli elementi ed il numero identificativo dei nodi dei vertici dell'elemento

```
134 31.20627911484811 13.25004650296597 50
135 68.79372088518608 86.74995349703127 50
136 13.25004650296741 68.7937208851849 50
137 50.12208822837044 58.36087875436588 24.99999999999779
138 59.40455906099741 24.97038508638109 25.38844917860216
139 24.50100258171646 64.2861622907583 25.00000000000006
140 32.10386555029208 38.80537252855499 24.39430482812772
141 68.69838443352037 75.91682377021243 24.99999999999243
142 73.4004951139343 46.84294082825978 24.86959972985568
143 38.73234203429034 19.20209088727267 30.63304833624408
144 37.41867663543897 81.21862967401218 29.80737721698392
$EndNodes
$Elements
719
1 15 2 0 1 1
2 15 2 0 2 2
3 15 2 0 3 3
4 15 2 0 4 4
5 15 2 0 5 5
6 15 2 0 6 6
7 15 2 0 10 7
8 15 2 0 14 8
9 1 2 0 1 1 9
10 1 2 0 1 9 10
11 1 2 0 1 10 11
12 1 2 0 1 11 12
13 1 2 0 1 12 2
14 1 2 0 2 3 13
15 1 2 0 2 13 14
16 1 2 0 2 14 15
17 1 2 0 2 15 16
18 1 2 0 2 16 2
19 1 2 0 3 3 17
20 1 2 0 3 17 18
```

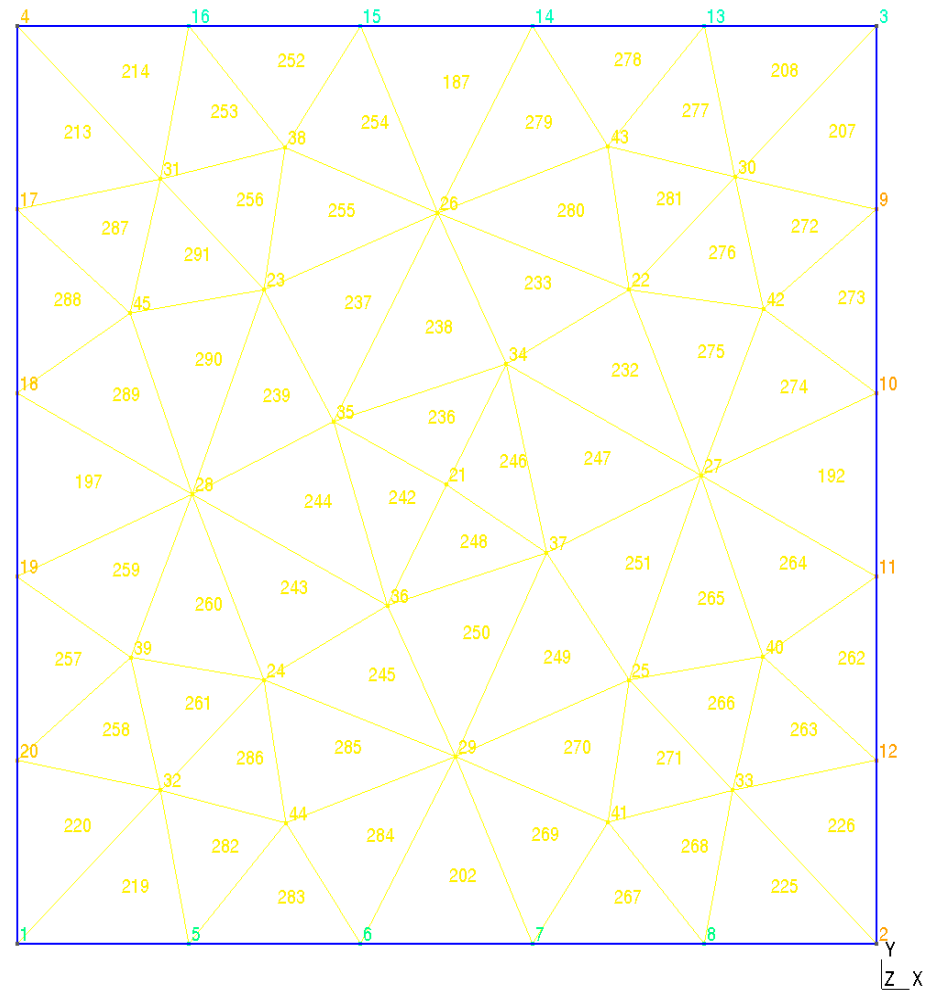
Mesh testuale III

- Dopo il numero di elemento possono essere presenti altre informazioni, quali un numero che identifica il tipo di elemento (tetraedro, esaedro, pentaprisma, trave, ecc...)
- Il file si conclude con una stringa di fine lettura

```
696 4 2 0 1 22 73 110 108
697 4 2 0 1 71 99 101 18
698 4 2 0 1 44 80 91 84
699 4 2 0 1 46 7 102 93
700 4 2 0 1 29 90 133 30
701 4 2 0 1 9 60 1 81
702 4 2 0 1 11 12 69 78
703 4 2 0 1 55 14 89 15
704 4 2 0 1 22 73 21 110
705 4 2 0 1 71 101 17 18
706 4 2 0 1 27 77 132 28
707 4 2 0 1 20 4 59 96
708 4 2 0 1 134 25 83 26
709 4 2 0 1 102 46 92 45
710 4 2 0 1 101 71 17 58
711 4 2 0 1 21 73 59 110
712 4 2 0 1 87 16 68 15
713 4 2 0 1 31 130 32 86
714 4 2 0 1 43 80 84 76
715 4 2 0 1 39 131 40 106
716 4 2 0 1 129 97 36 35
717 4 2 0 1 80 44 43 84
718 4 2 0 1 88 13 14 70
719 4 2 0 1 1 41 81 105
$EndElements
```

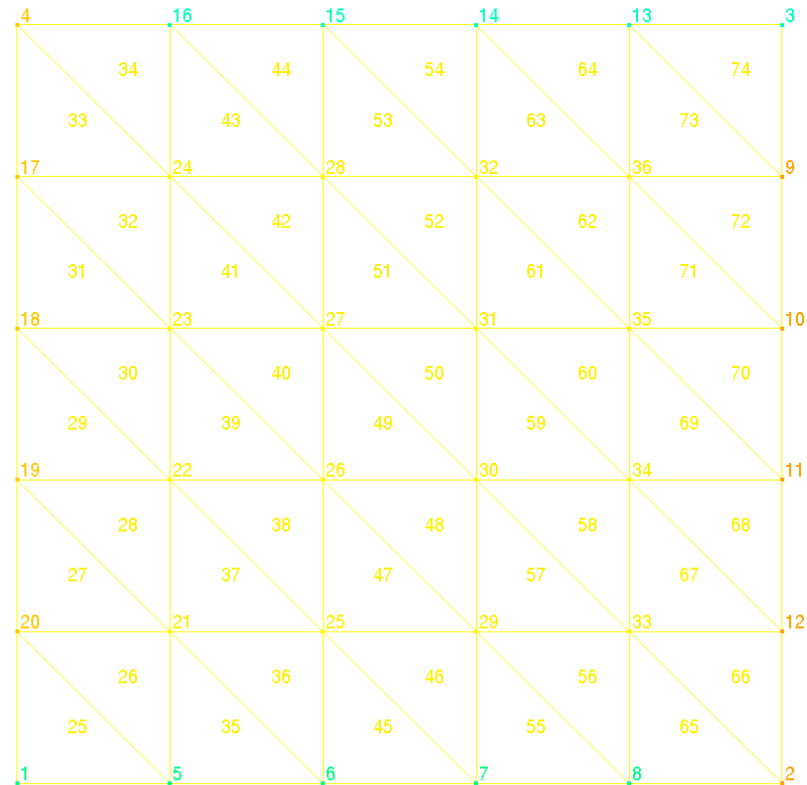
Mesh piana a triangoli

- Difficilmente le mesh a triangoli presentano regolarità di distribuzione dei nodi interni



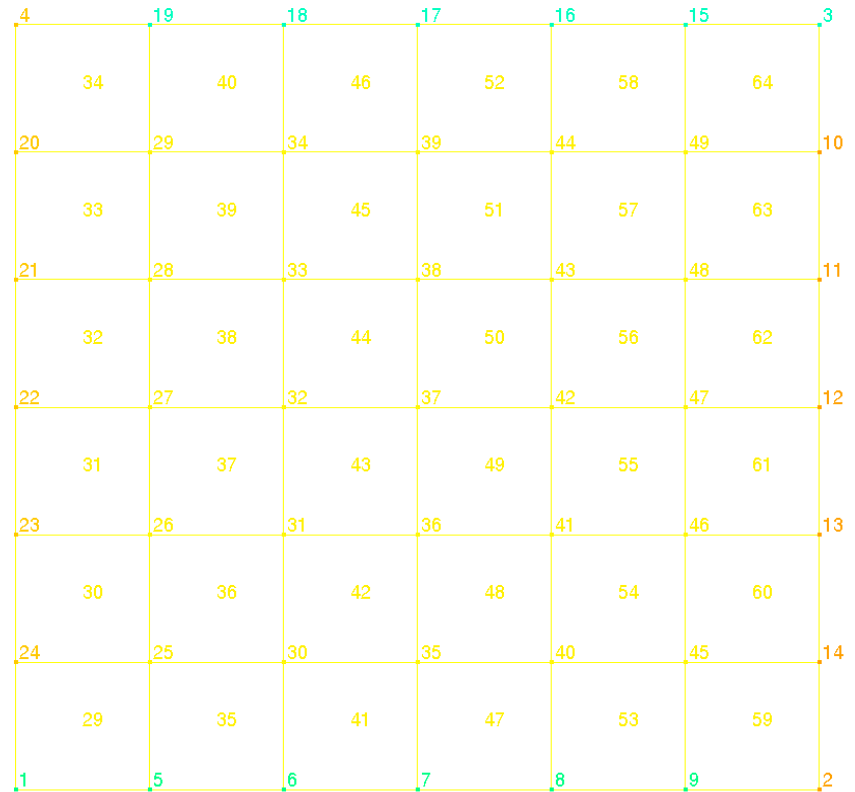
Mesh piana a triangoli regolare

- Una scelta appropriata dell'algoritmo di mesh porta maggiore regolarità nella distribuzione dei nodi degli elementi e della loro forma

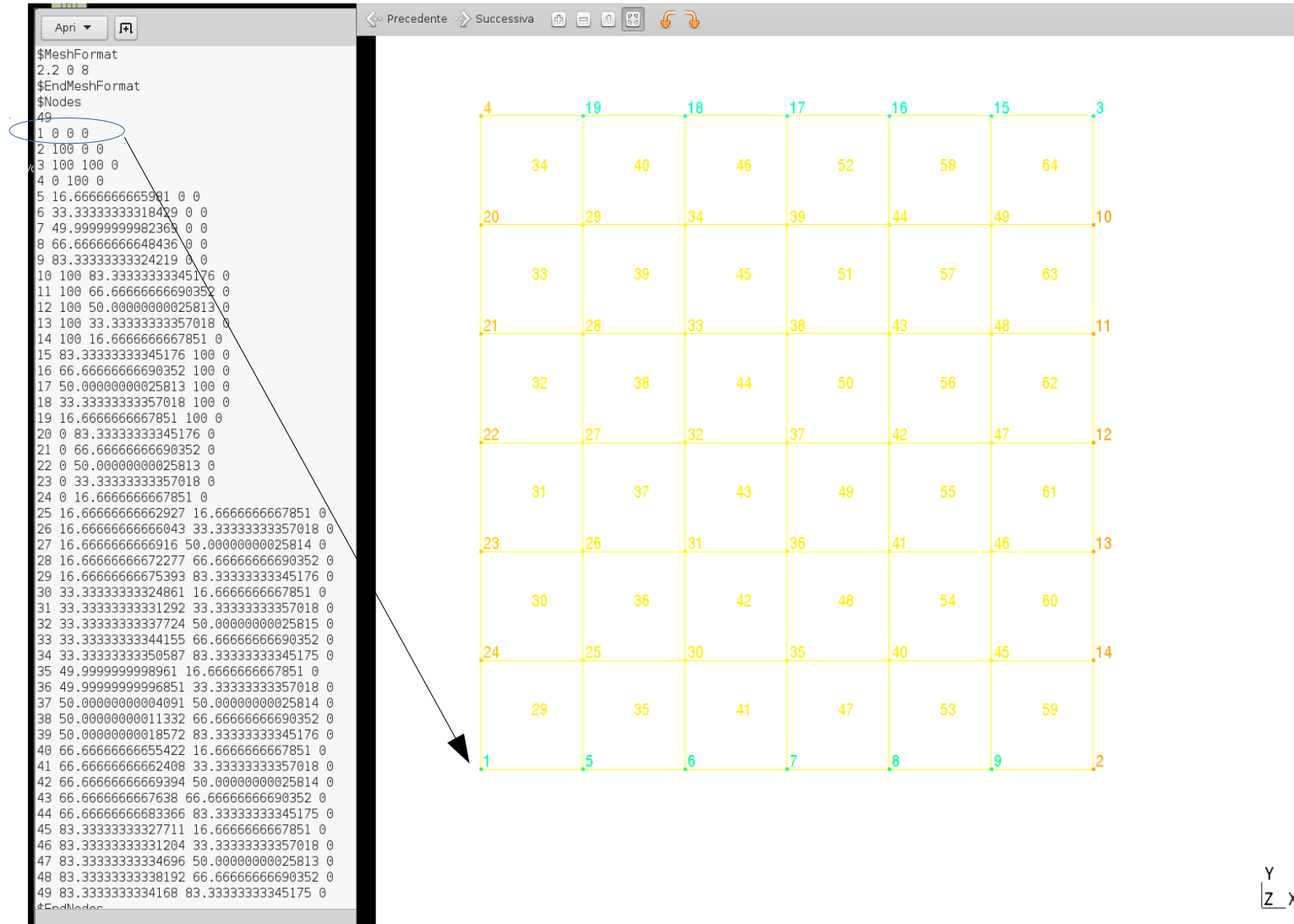


Mesh strutturata a quadrilateri

- I nodi ai vertici di un elemento piano sono numerati in senso antiorario



Corrispondenza fra numero nodo e coordinate cartesiane



Numerazione dei nodi ai vertici dell'elemento

