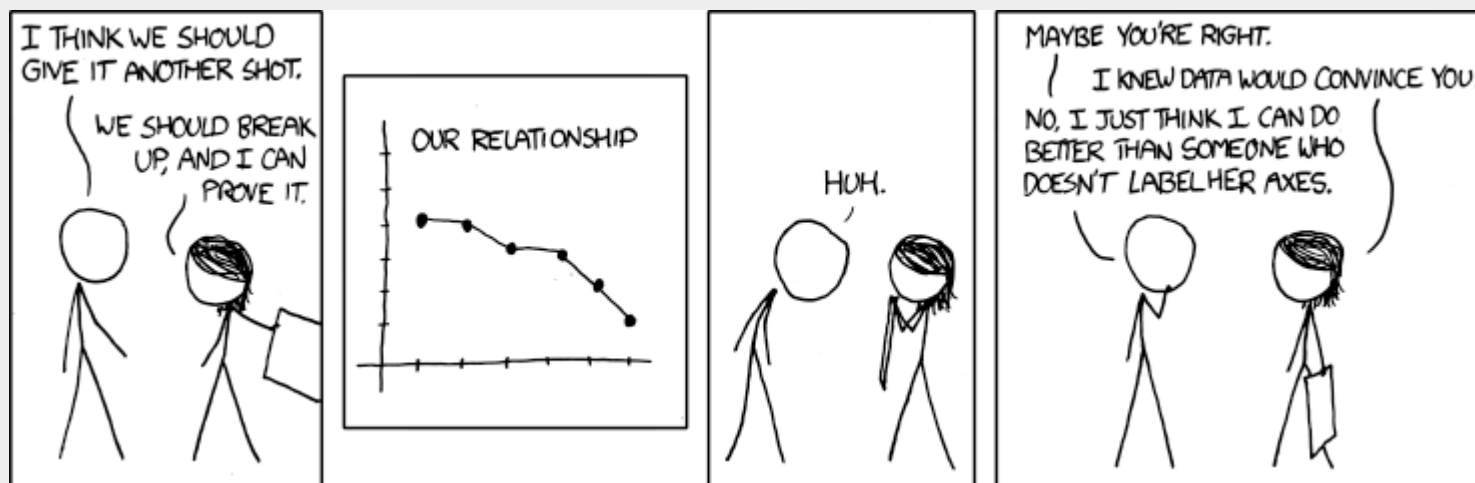


Scientific visualization

Nicolás Guarín-Zapata
@nicoguario

Febrero 2019



<https://xkcd.com/833/>

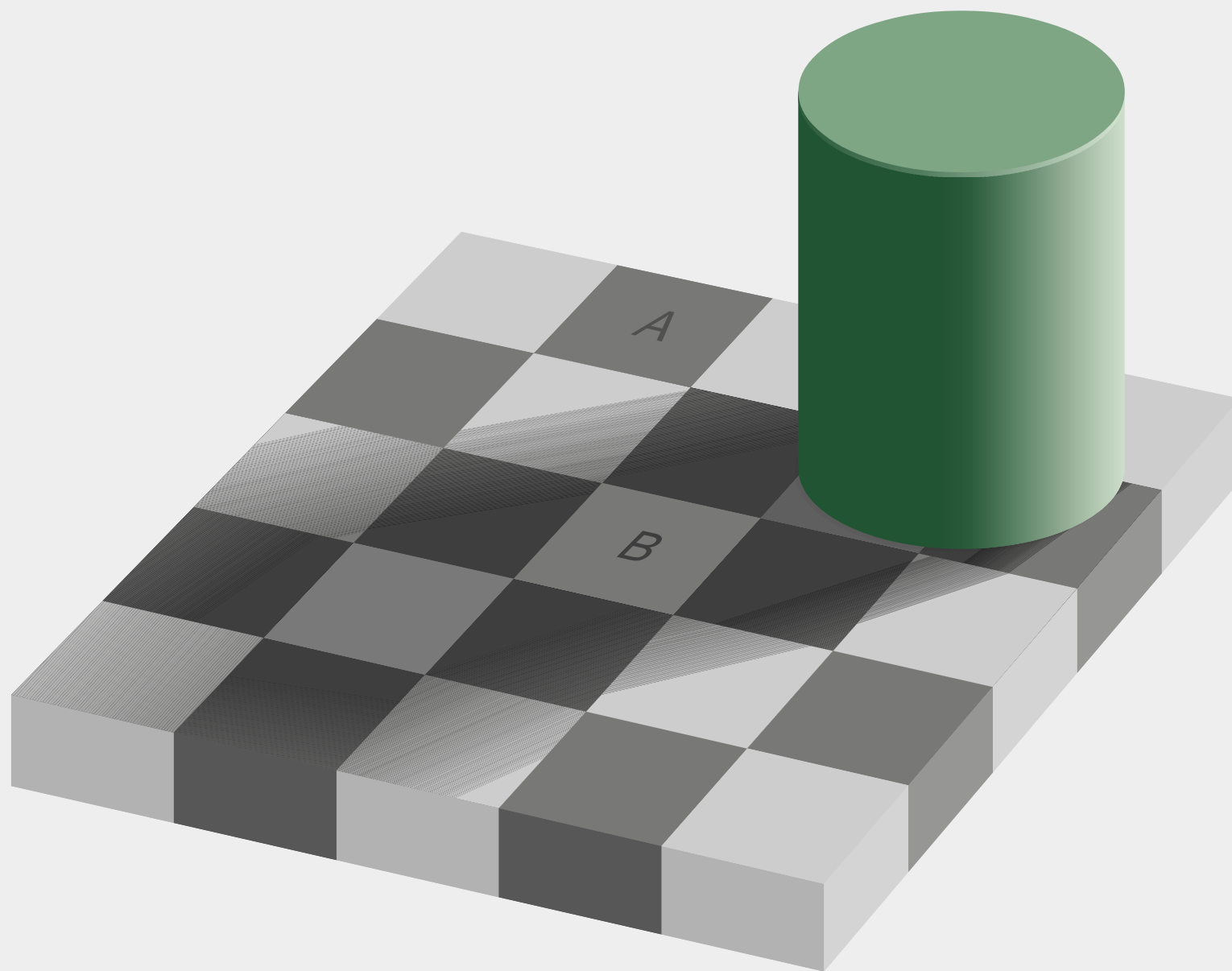
What is visualization?

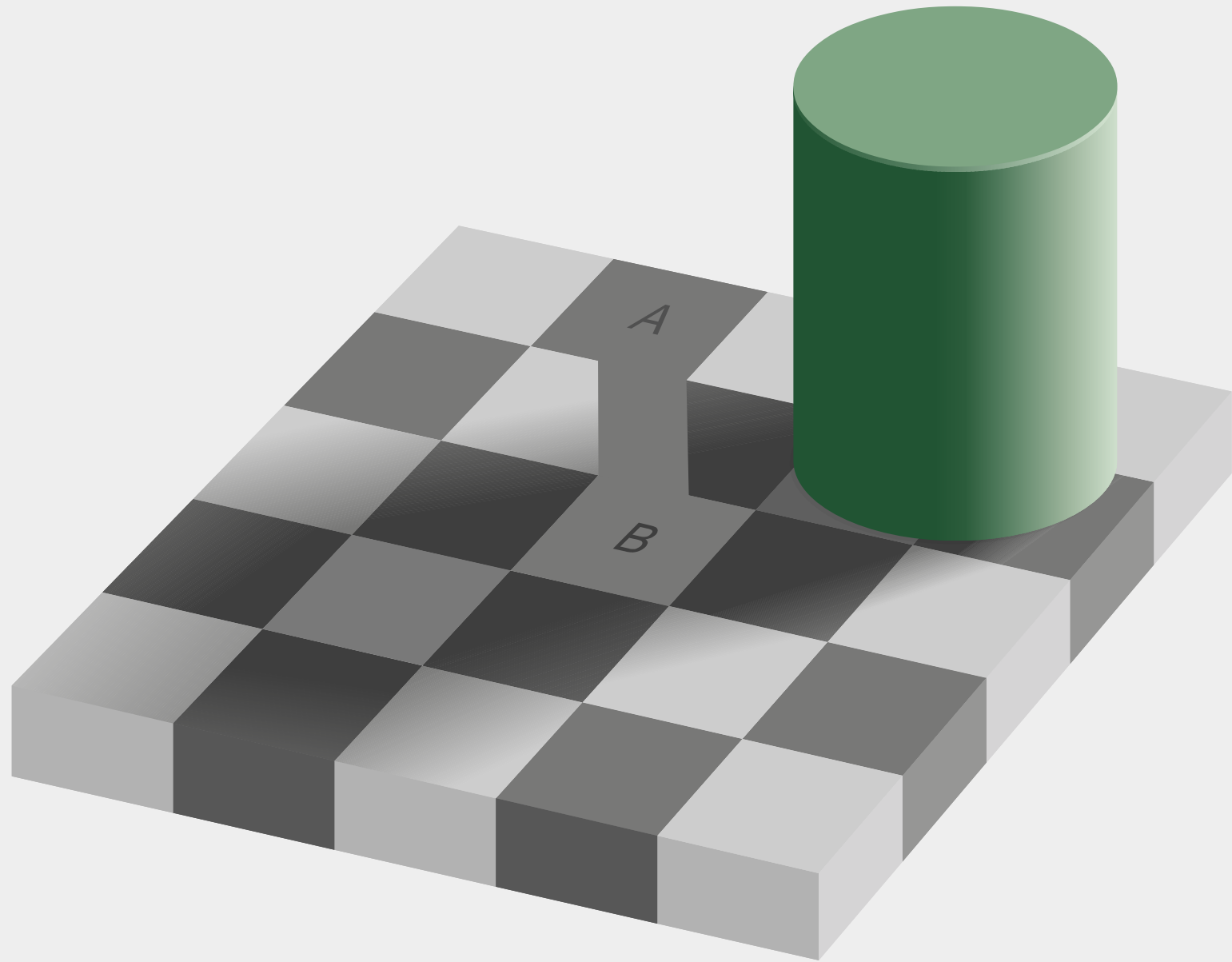
Definition

Visualization: communication of information using graphic representations.

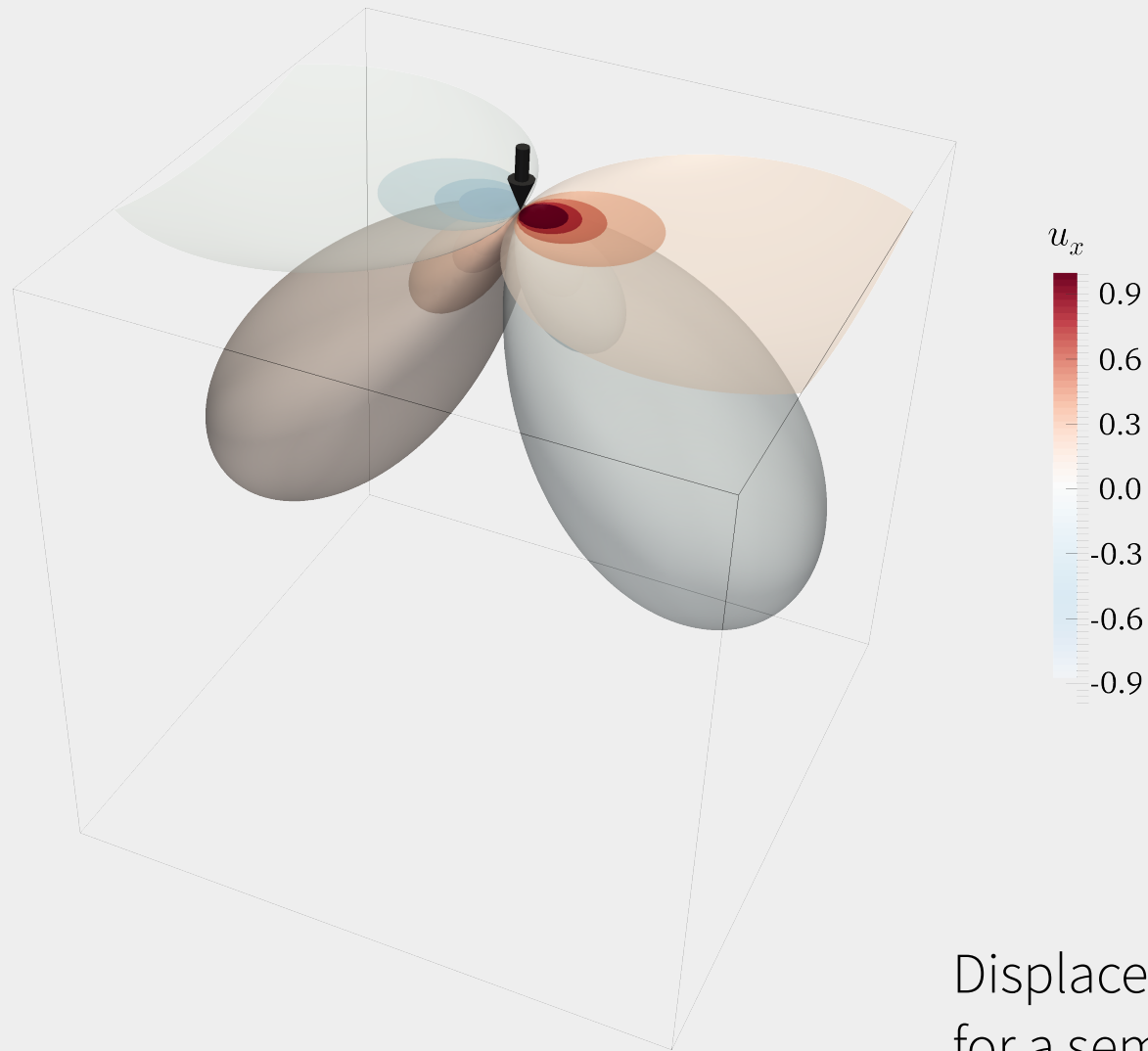
It is multidisciplinary

- Computer graphics
- Numerical analysis
- Digital image/signal processing
- Scientific computing
- Art and design
- Psychophysics





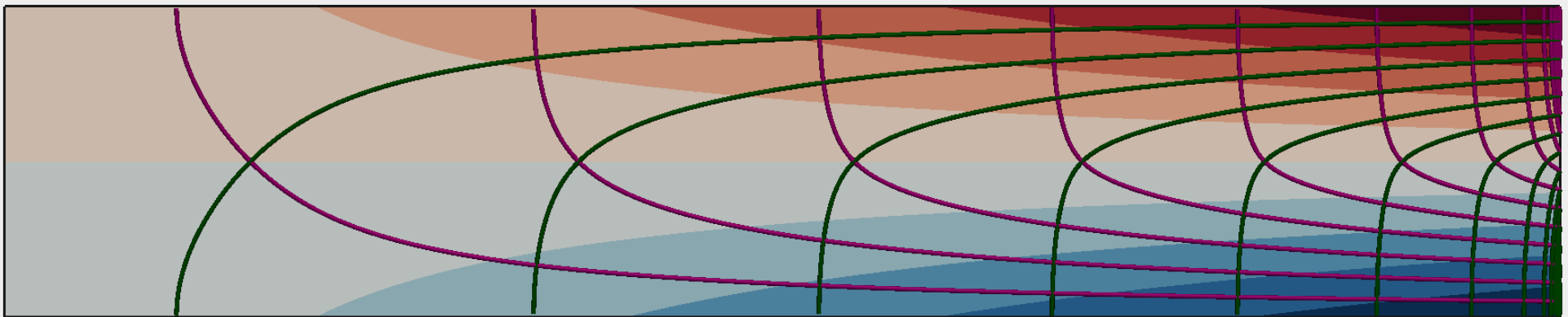
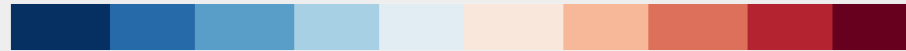
Examples



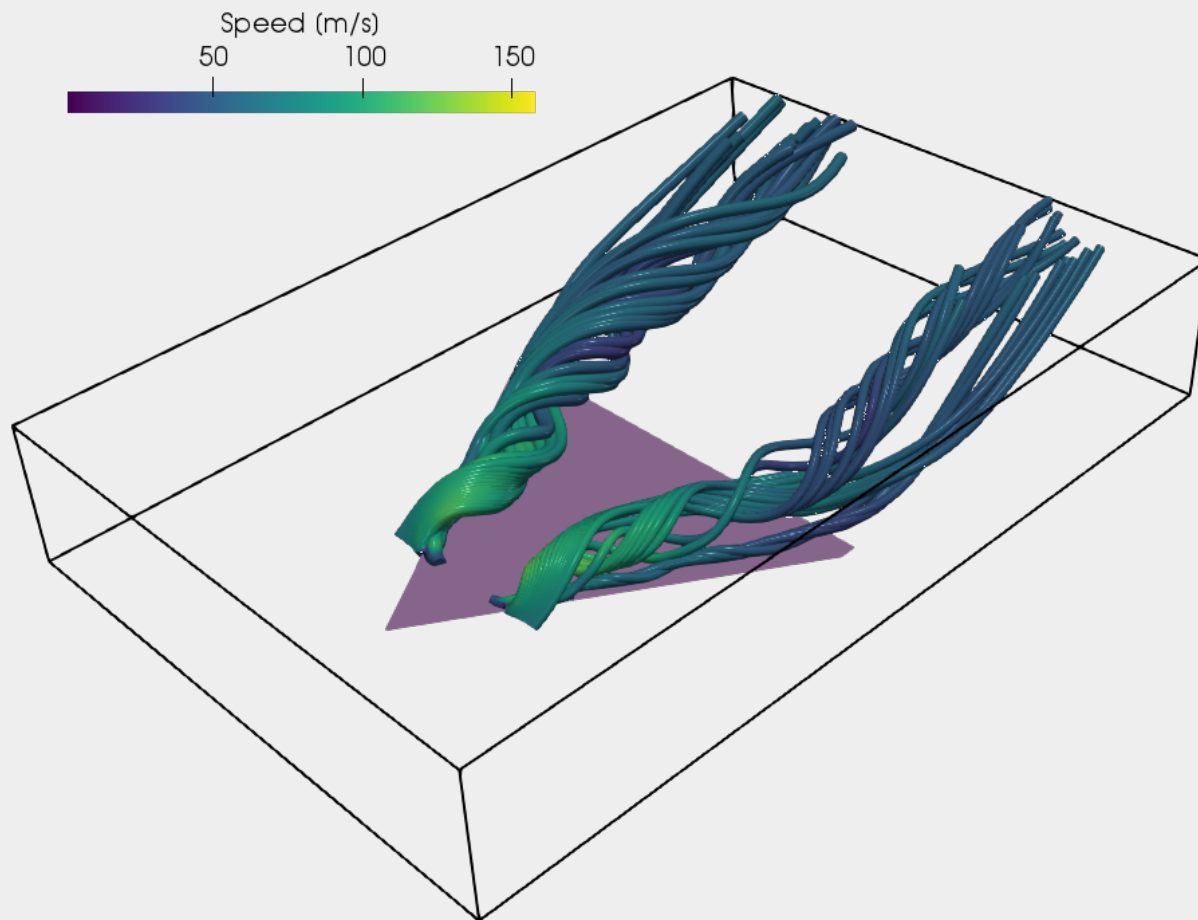
Displacement in the x direction
for a semi-infinite medium
with a point load applied on
the surface.

$$\sigma_{xx}$$

-12 -8 -4 0 4 8 12



Horizontal stress in a cantilever beam. The lines represent direction of maximum/minimum stress.



Formation of vortices in the flow around a delta wing.

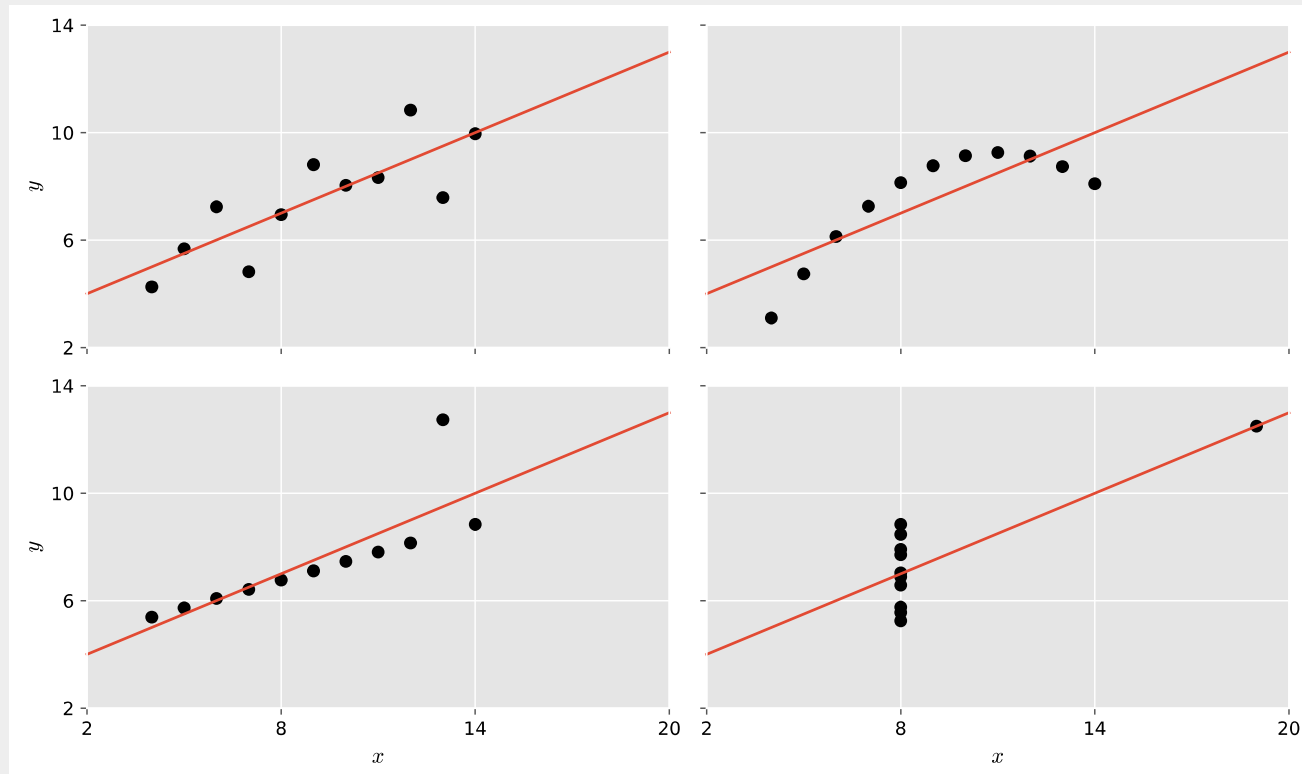
Why visualizing?

074 060 079 056 044 029 040 038 054 079 113 105 077 063 067 064 051 051 027 036 032 039 090 112 113 118 058 087 140 076 062 059 090 082 045 080 073 045 042 049 043 047 046 035 061 080 040 056 083
064 077 071 037 029 041 036 051 084 113 098 069 071 067 070 062 056 029 031 037 038 081 105 107 116 051 133 098 086 058 054 075 091 088 044 082 100 054 045 039 039 042 052 035 055 068 066 089 063
074 090 037 028 051 041 064 104 136 102 071 064 069 065 072 064 039 032 032 040 076 107 109 109 095 068 099 081 072 064 050 042 073 089 042 090 094 046 037 058 043 038 061 042 058 090 057 077 085
063 045 024 028 034 057 090 140 123 073 062 064 066 069 060 041 036 032 035 073 108 110 118 113 059 112 074 069 067 106 073 054 045 072 049 053 094 043 039 074 048 041 053 034 048 084 068 049 096
045 044 040 054 057 076 118 120 088 061 055 063 055 059 044 033 030 038 063 101 104 109 126 054 082 066 069 063 065 089 065 052 057 069 046 057 081 101 035 061 046 039 057 038 070 064 072 045 088
035 034 038 045 051 048 031 038 034 063 045 058 055 035 032 034 033 053 077 108 112 115 061 048 070 061 082 082 064 061 037 112 099 081 050 049 050 064 061 063 049 037 049 040 058 086 071 061 099
033 028 034 035 031 040 036 030 048 077 069 050 033 028 031 030 036 078 097 103 119 100 057 069 059 063 059 082 087 062 052 073 092 118 080 041 060 071 042 054 049 048 054 049 043 105 062 046 077
043 037 037 043 035 042 032 036 037 045 049 083 098 050 031 035 067 097 102 117 133 056 072 062 063 061 089 084 080 069 055 051 048 058 068 078 066 045 042 060 050 050 049 067 050 087 050 076 066
037 035 034 038 033 031 034 049 047 039 037 038 090 102 062 057 090 100 113 116 068 057 058 057 051 072 081 070 060 058 067 059 049 047 047 043 092 060 051 052 051 047 050 059 046 069 083 075 072
026 028 023 021 035 025 031 042 043 042 041 032 026 045 101 089 090 107 123 084 056 049 060 079 081 076 064 053 054 044 044 041 048 049 057 040 058 094 053 040 037 048 059 048 044 059 060 074 074
033 022 024 021 023 021 032 041 032 044 042 047 030 036 093 111 105 118 120 058 061 049 064 069 101 134 166 171 160 148 145 123 144 066 035 040 041 042 098 044 039 057 069 040 044 067 062 075 082
038 043 038 033 027 033 029 030 039 036 049 051 047 052 064 107 115 113 068 061 053 086 139 123 122 113 118 117 103 109 112 105 124 119 092 040 044 051 044 055 049 042 076 048 040 068 079 061 084
034 041 039 034 042 039 034 041 035 038 032 027 032 033 071 075 110 075 040 076 144 140 112 111 105 096 097 092 092 089 068 065 064 051 051 040 033 038 039 033 041 048 071 053 051 064 078 048 066
025 045 047 053 050 045 047 046 040 042 037 033 036 031 041 057 066 064 144 168 124 112 103 090 086 065 079 062 058 056 055 084 106 076 040 040 033 033 036 037 037 033 040 049 050 054 060 057 086
027 061 090 104 086 097 125 132 103 078 060 055 070 095 127 132 156 128 128 110 100 098 062 071 081 052 094 100 099 096 115 113 110 110 125 116 041 040 035 036 040 051 029 066 048 057 058 063 071
023 020 054 085 061 105 113 104 101 106 112 118 110 115 125 116 113 120 111 105 105 076 070 066 117 114 114 121 114 105 107 115 126 112 116 109 106 102 087 053 044 034 031 044 071 052 059 046 074
016 031 040 089 073 067 078 094 091 092 109 109 108 107 113 108 101 101 101 089 094 065 114 130 115 159 122 110 113 103 092 106 104 108 114 107 102 108 100 093 050 047 031 035 058 061 063 047 047
024 022 032 036 045 077 059 036 045 051 055 058 074 075 086 093 076 071 081 071 065 136 135 135 167 144 140 132 090 095 132 107 105 112 116 108 078 108 102 104 072 054 038 035 065 055 054 045 041
024 021 025 024 029 031 029 032 029 027 027 041 039 048 075 052 048 049 056 069 153 110 145 153 152 126 113 112 119 112 140 103 107 115 126 126 107 111 108 098 107 051 047 036 074 048 049 048 051
038 029 026 032 027 022 027 033 030 026 030 029 033 038 040 039 040 065 154 177 152 121 131 136 115 117 106 116 110 145 138 105 102 123 134 140 111 127 114 104 116 132 040 039 057 078 054 055 049
018 023 030 029 025 031 034 025 025 032 040 047 037 049 082 106 125 143 153 107 151 123 117 120 113 125 127 120 120 108 122 120 119 129 129 123 114 108 108 134 106 109 044 037 050 065 047 069 051
014 022 028 021 029 026 032 042 073 094 060 050 077 119 125 115 105 109 099 108 105 118 106 113 113 090 121 149 130 122 133 131 128 131 133 118 109 105 110 124 107 110 066 042 055 045 045 058 053
034 034 023 032 035 075 100 116 105 099 048 103 117 116 098 102 089 072 070 058 063 045 062 123 106 072 118 119 127 122 116 137 131 131 133 113 115 106 103 112 119 108 076 057 067 037 090 074 061
026 027 029 044 092 104 111 105 108 082 071 111 105 107 104 088 055 057 101 104 109 104 069 113 116 121 127 148 134 134 133 125 130 132 123 114 123 126 106 104 115 112 075 045 064 035 045 055 066
039 032 026 032 108 101 114 104 116 088 095 106 107 100 098 066 067 076 089 095 110 063 088 118 118 121 123 127 127 127 129 139 139 140 134 122 120 112 103 110 102 106 070 041 064 035 030 049 049
032 022 028 039 038 091 110 103 108 094 097 096 111 115 109 081 054 058 046 058 070 106 119 116 119 093 121 125 122 122 115 123 134 144 126 115 121 107 109 109 104 110 078 049 057 050 036 054 071
030 019 020 034 031 044 077 118 107 100 092 100 110 110 118 105 103 104 117 102 109 128 130 120 124 119 127 123 124 133 131 123 129 127 121 119 122 112 116 105 112 115 064 051 070 057 033 041 070
009 015 019 028 021 036 041 065 103 100 069 085 118 125 116 110 107 109 113 117 109 109 110 111 119 128 116 114 092 097 133 149 130 121 124 122 118 116 105 115 119 108 066 056 059 051 046 040 061
014 011 026 028 021 030 037 033 033 059 062 065 103 141 151 136 130 126 121 130 137 134 109 100 119 115 127 117 130 124 119 128 123 133 138 123 116 113 110 118 117 118 078 062 056 052 047 042 069
018 022 017 025 026 027 019 027 028 038 059 049 060 099 083 103 079 105 134 122 135 127 131 133 113 109 108 110 120 121 128 119 116 119 127 118 112 120 115 122 116 113 058 065 041 045 047 037 053
022 027 022 021 023 029 023 025 031 034 036 037 046 046 052 055 060 062 086 090 115 116 129 129 144 110 112 117 114 115 108 123 119 132 129 119 121 116 118 117 117 057 057 057 057 036 048 042 041
015 023 027 024 019 019 029 028 026 040 049 064 062 085 093 094 096 095 077 069 080 088 122 142 122 143 112 125 115 130 124 114 116 112 116 131 134 119 117 147 062 064 058 060 049 043 057 049 028
022 021 027 023 019 025 043 063 087 094 112 109 108 114 100 105 113 101 133 127 101 084 075 101 117 147 157 162 111 120 128 124 122 116 132 135 127 108 145 065 098 047 049 056 086 048 064 059 035
026 022 019 027 036 062 085 095 091 099 100 122 105 079 074 091 081 109 112 111 113 104 102 092 078 097 120 118 121 116 113 110 114 115 117 115 108 100 070 072 043 049 049 054 099 061 049 054 039
017 021 028 031 034 083 109 114 090 057 048 066 057 052 054 066 046 049 096 107 116 115 134 086 082 088 081 080 066 061 069 093 092 097 103 068 056 053 116 041 033 040 049 051 072 051 062 066 052
042 032 052 042 024 033 053 053 042 039 035 041 044 044 052 055 055 053 051 052 075 106 115 117 111 102 096 106 096 096 084 099 100 086 097 068 050 039 031 050 052 038 052 041 071 052 042 112 051
030 031 033 038 026 027 039 036 041 041 040 041 036 042 040 048 042 043 047 050 051 068 040 088 097 090 101 098 094 104 118 117 102 096 082 060 044 036 030 034 040 033 054 049 047 065 032 040 093
023 014 024 033 050 071 040 039 042 042 049 052 058 057 057 048 044 049 048 053 048 047 058 056 045 058 059 051 045 049 051 042 047 042 040 047 060 065 030 030 034 034 063 039 040 031 032 036 088
029 040 057 088 126 096 048 052 053 060 057 070 088 102 079 072 067 062 072 057 064 056 062 057 052 050 052 049 051 053 050 046 050 047 065 072 055 048 051 084 042 041 065 042 044 038 036 035 114
087 098 102 106 080 056 061 052 070 075 099 095 078 072 069 061 056 056 071 075 064 069 064 066 069 062 074 081 074 072 071 067 070 067 055 057 044 042 044 040 051 081 051 035 040 032 045 073 041
100 096 110 098 046 058 055 065 065 069 082 068 067 068 060 064 054 064 059 061 049 072 067 065 069 063 069 083 077 075 078 071 058 060 050 058 085 052 062 051 049 047 051 029 044 031 038 057 051
095 107 104 050 052 065 062 060 069 076 068 078 064 083 084 081 085 080 080 084 072 065 066 073 091 081 075 057 065 077 088 100 106 071 048 042 042 044 107 057 056 052 045 033 029 037 038 046 047
104 107 050 041 051 063 059 066 068 065 066 084 077 081 092 076 080 090 088 092 101 107 099 116 117 119 120 121 113 098 082 061 052 072 100 059 051 036 049 057 109 058 044 035 034 033 039 036 029
113 078 069 060 062 054 056 064 071 080 067 077 082 091 076 095 107 098 112 109 086 101 090 105 116 120 095 119 112 116 116 106 094 076 085 070 103 053 047 044 041 059 068 040 029 028 032 041 027
112 066 066 073 062 054 053 069 086 092 097 114 065 061 064 084 094 086 088 096 097 090 097 103 100 106 097 102 100 090 074 074 101 130 130 106 067 059 049 058 040 044 049 109 039 025 030 031 020
065 060 064 064 056 055 052 083 076 069 062 074 089 077 056 062 058 057 047 049 048 050 060 074 077 094 088 088 081 086 084 068 051 044 057 078 108 075 061 064 041 039 047 064 034 033 023 020
059 056 062 061 069 065 067 073 078 076 074 069 069 062 062 066 065 048 044 042 045 040 051 050 064 078 084 084 084 084 095 101 107 101 072 072 069 048 094 082 076 055 045 050 049 059 040 034 029 034
058 061 058 077 076 073 079 071 077 071 081 110 103 085 063 085 070 060 054 066 067 093 087 099 107 094 098 105 096 081 074 089 072 083 102 104 091 071 087 094 071 049 043 072 048 041 066 027 027
053 058 066 084 090 092 077 087 082 066 070 074 069 058 059 063 071 068 057 056 067 073 069 084 092 104 109 114 099 111 114 088 070 075 092 095 093 096 079 079 102 073 046 054 055 050 046 038 026



This image presents the same information but associating a gray-scale to the numbers.

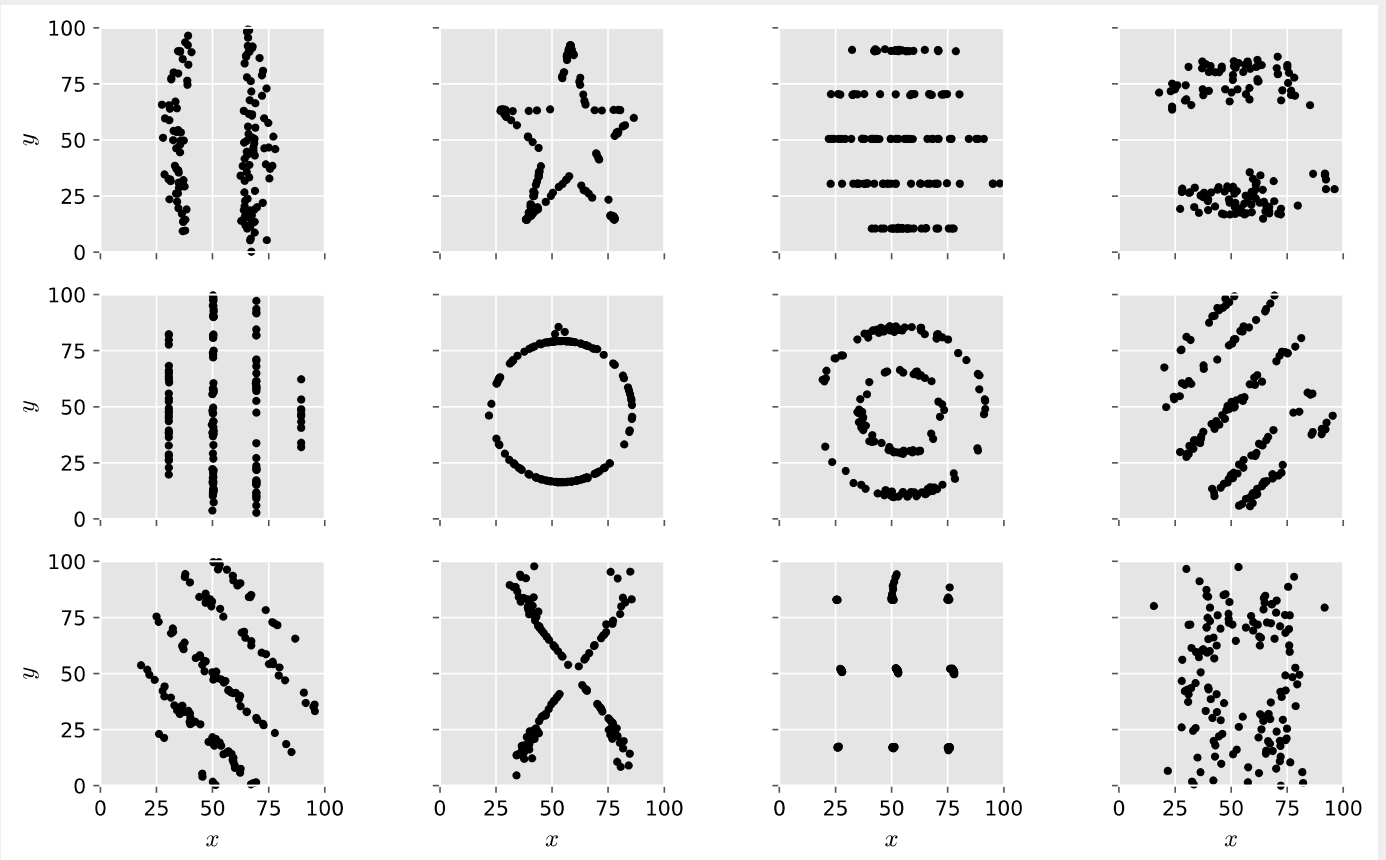
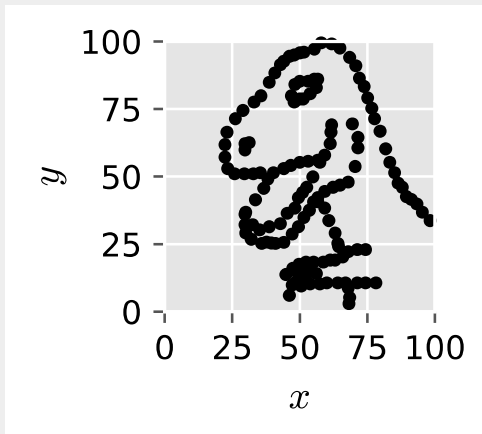
Anscombe quartet



Francis Anscombe (1973). Graphs in statistical analysis. *American Statistician*, 27, 17-21.

Property	Value
Mean for each x variable	9.0
Variance for each x variable	11.0
Mean for each y variable	7.5
Variance for each y variable	4.12
Correlation coefficient between x and y	0.816
Linear regression	$y = 3 + 0.5x$

La docena del datasaurio



Matejka et al.
"Same stats,
different graphs"
ACM, 2017.

Property	Value
Mean for each x variable	54.26
Variance for each x variable	16.76
Mean for each y variable	47.83
Variance for each y variable	26.93
Correlation coefficient between x and y	-0.06

Spatial data visualization

Spatial visualization

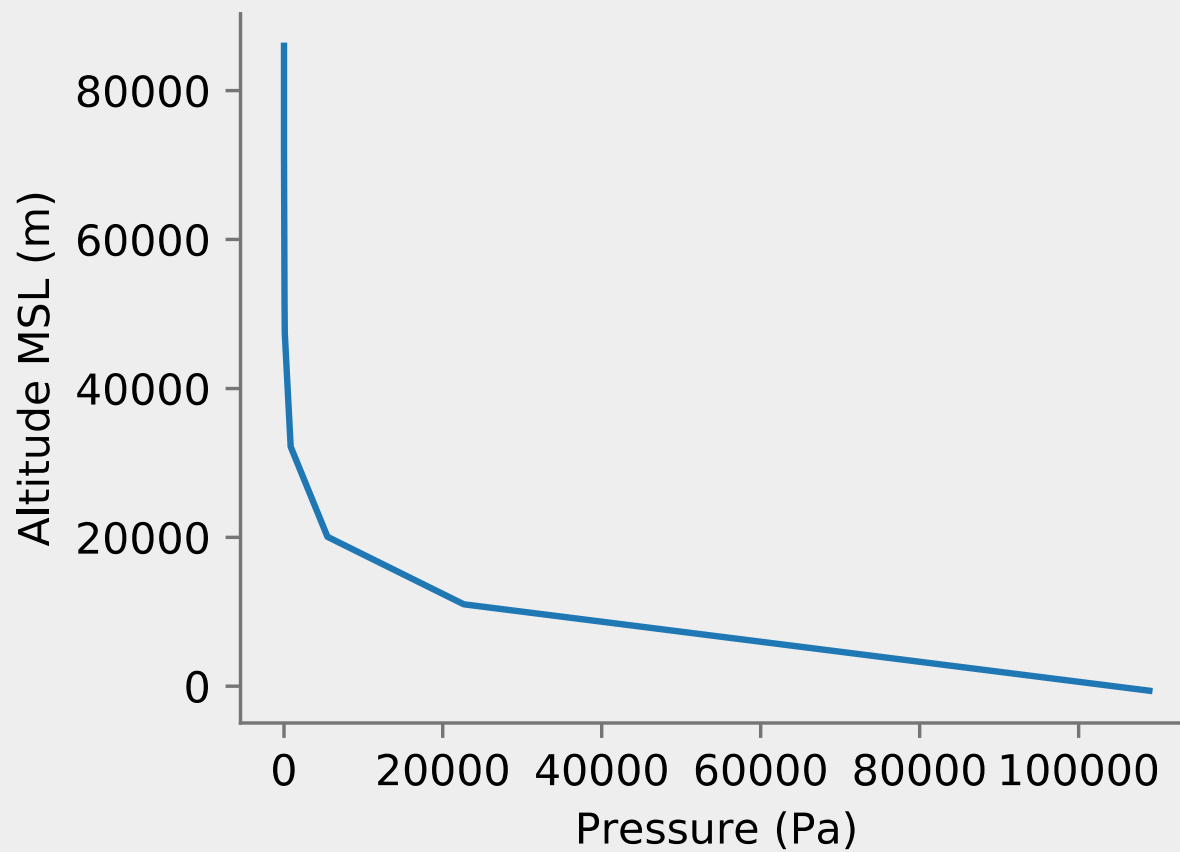
It corresponds to the field of scientific visualization and assumes data have space-time explicit or implicit attributes.

From low to high dimensionality ...

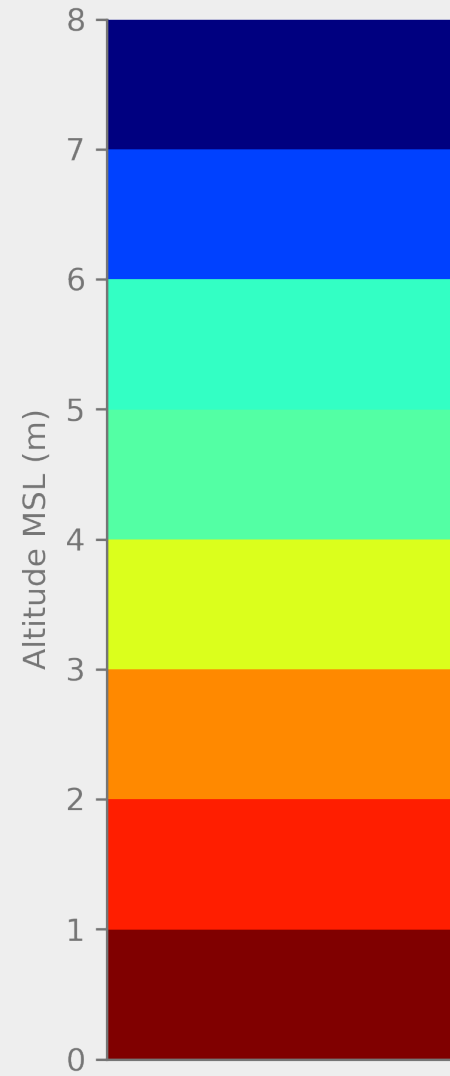
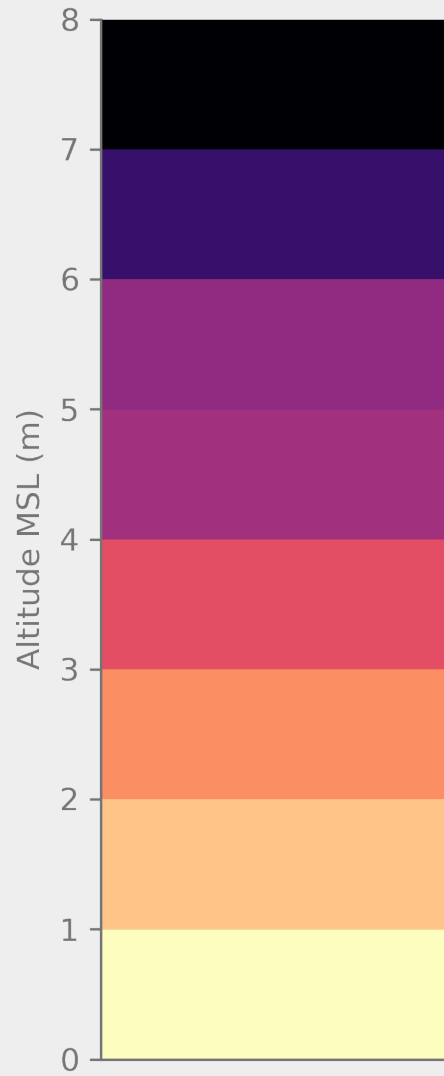
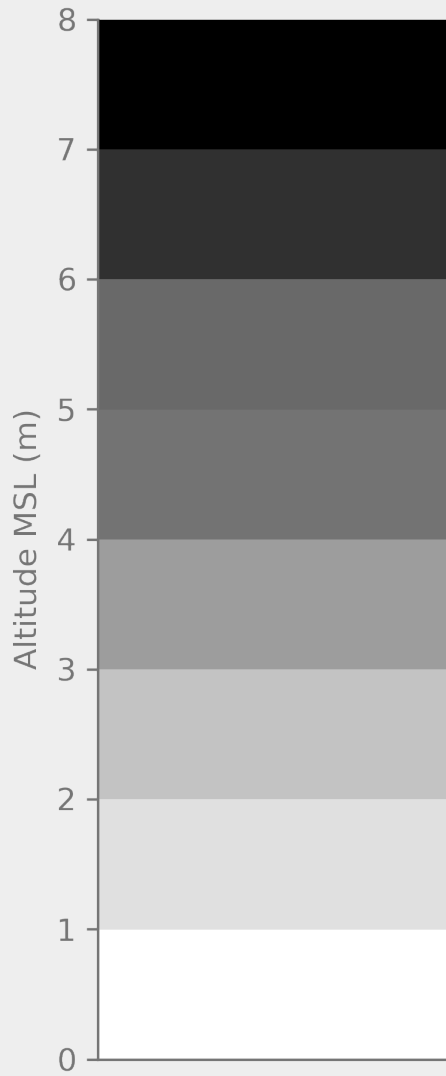
Let's consider an order assuming that the visualization of lower dimensions can be used to present projections or subsections from data with higher dimensionality.

Data in one dimension

Spatial data in one dimension is usually the result of accumulating measurements along some trajectory in space.



Pressure vs altitude: line graph as a sequence of values.



Pressure vs altitude: colormap used to represent a sequence of values.

Data in two dimensions

For data in two dimensions it is common to associate the dimensions of the data to the dimension on a screen (or display).

Some common options are:

- Image
- Deformed surface
- Dispersion graph
- Map
- Isocontours

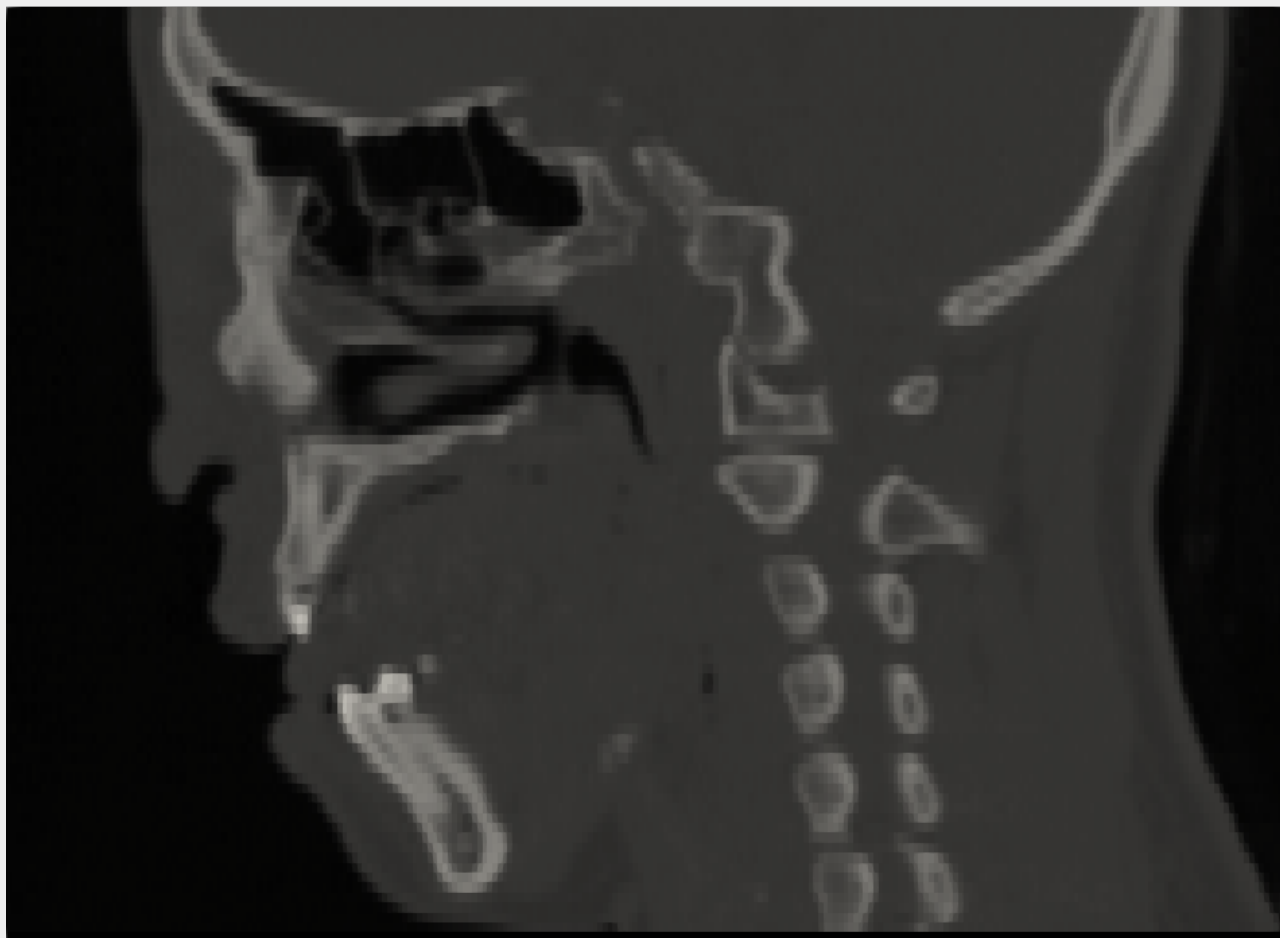
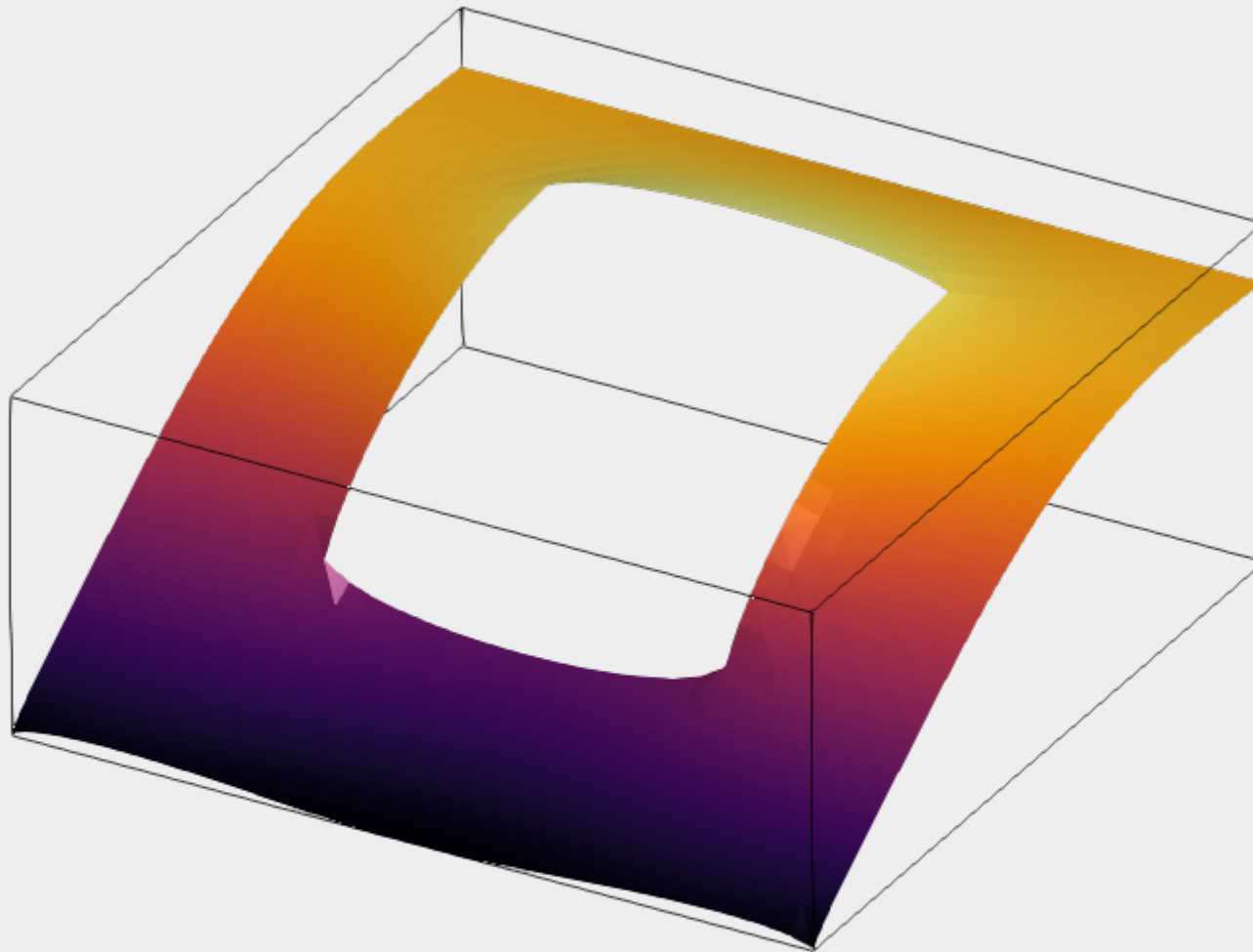
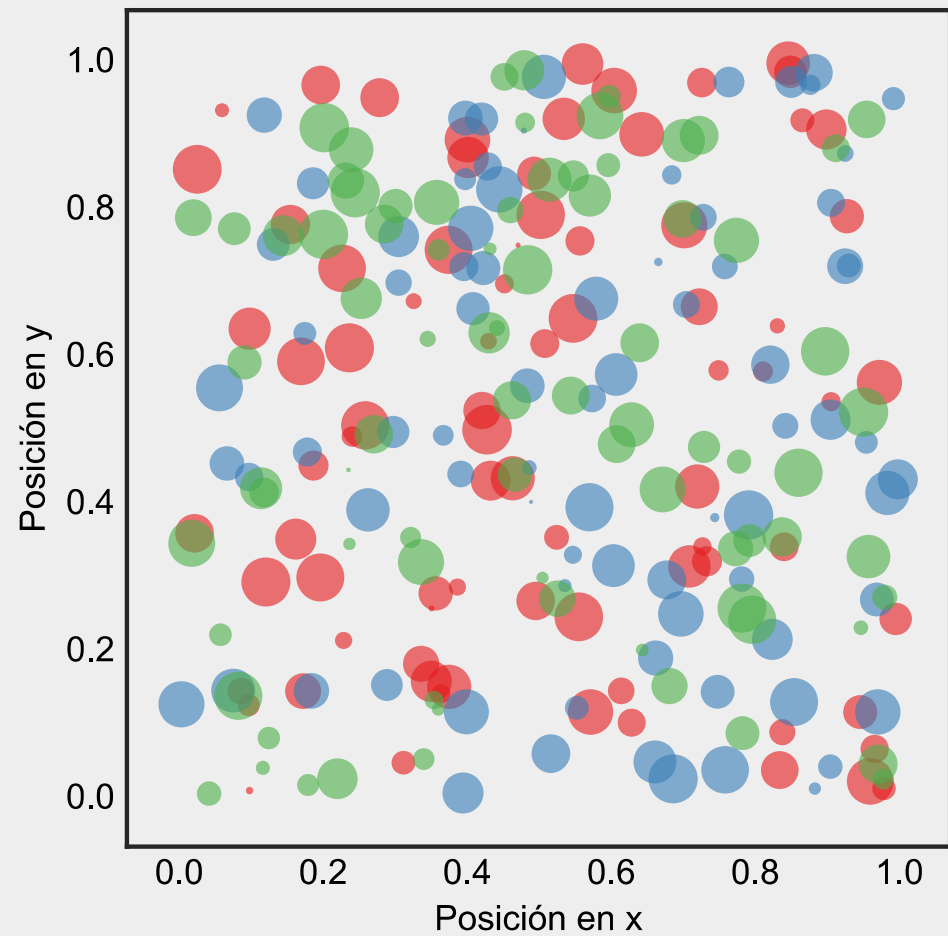


Image from a dataset from a tomography.

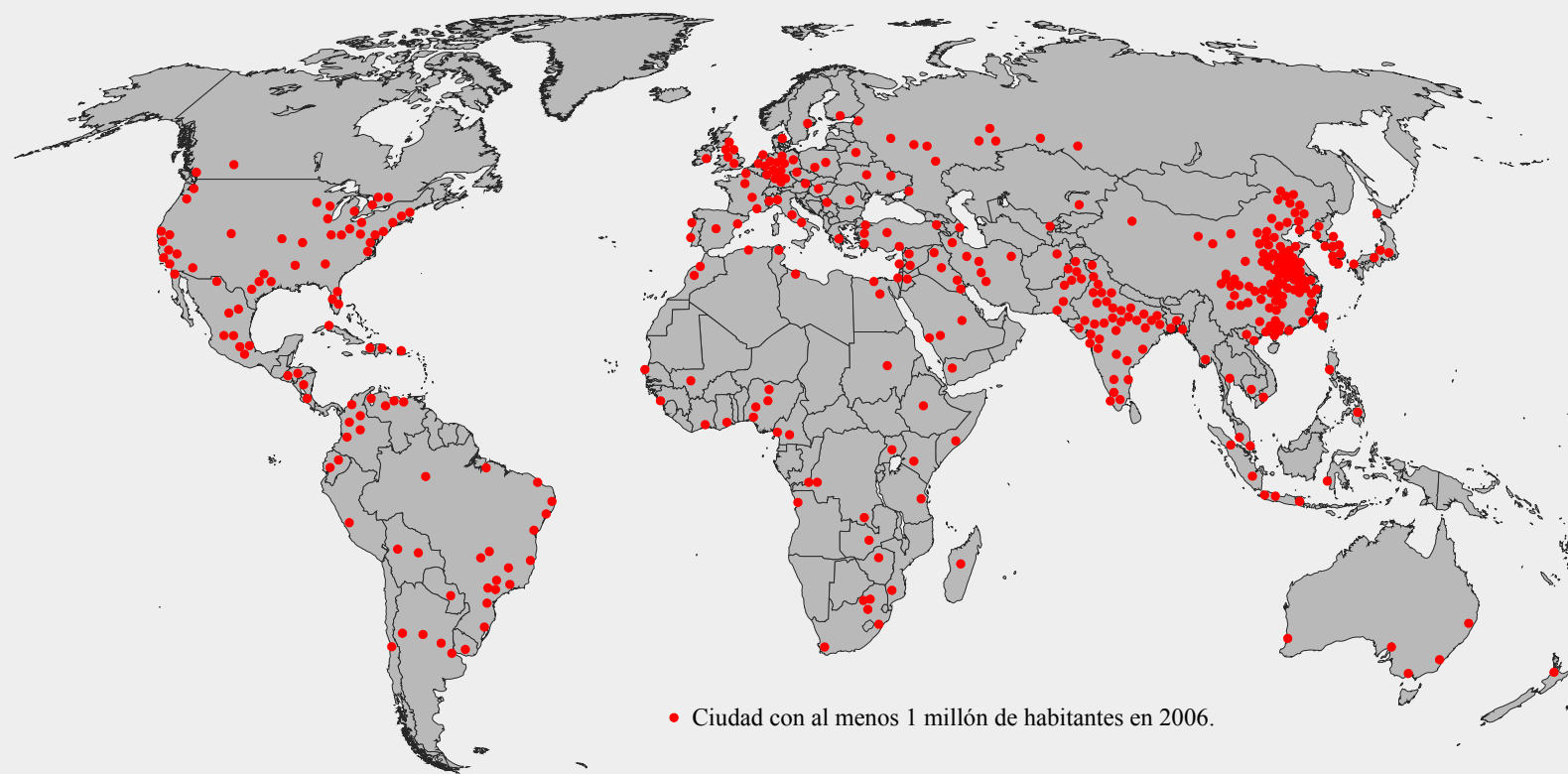


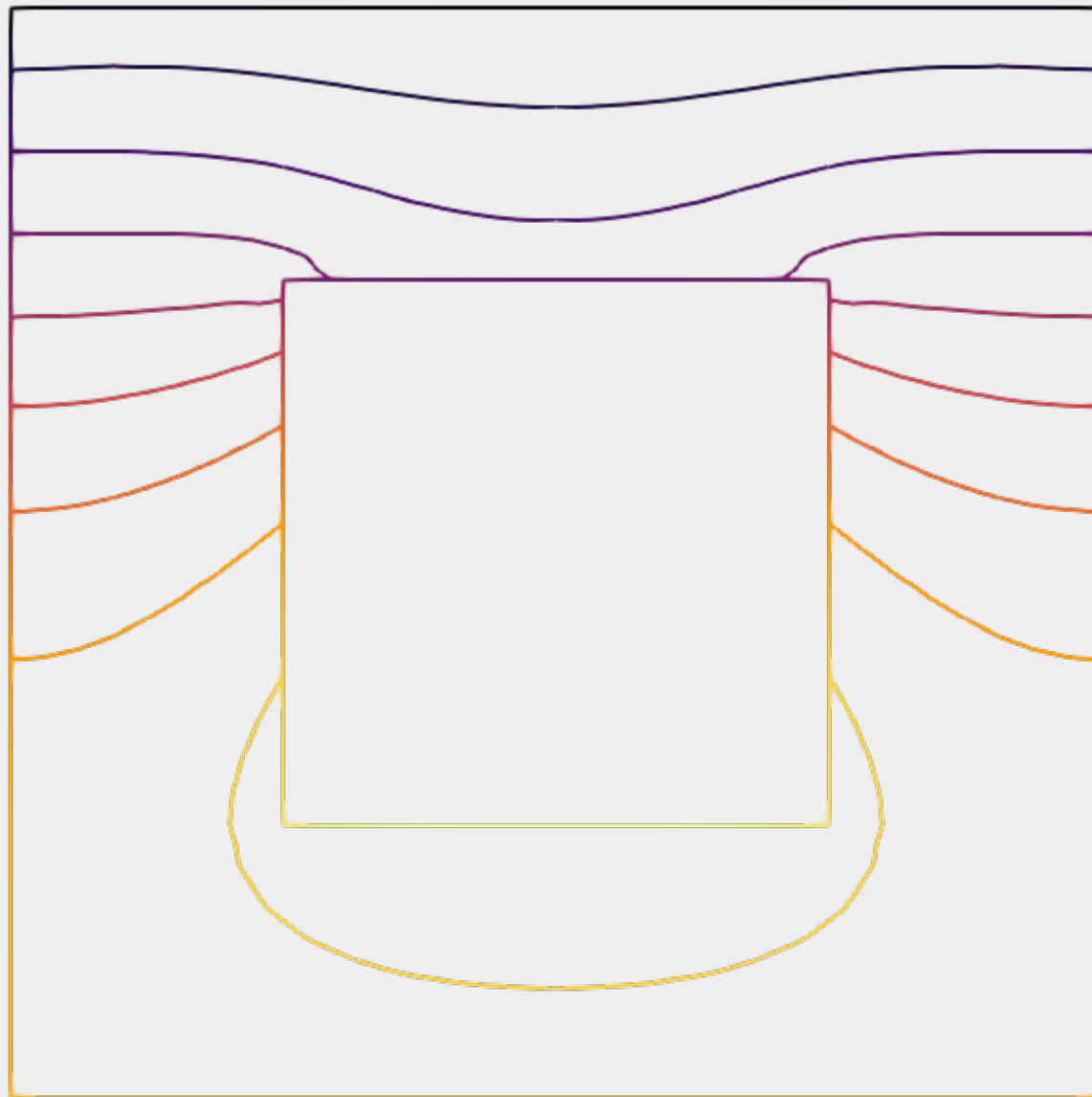
Temperature in a plate
with a square hole:
example with a
deformed surface.





Location of particles with different sizes and types. Notice that we are not interpolating the values.





Temperature in a plate
with a square hole:
example of isocontours.

Data in three dimensions

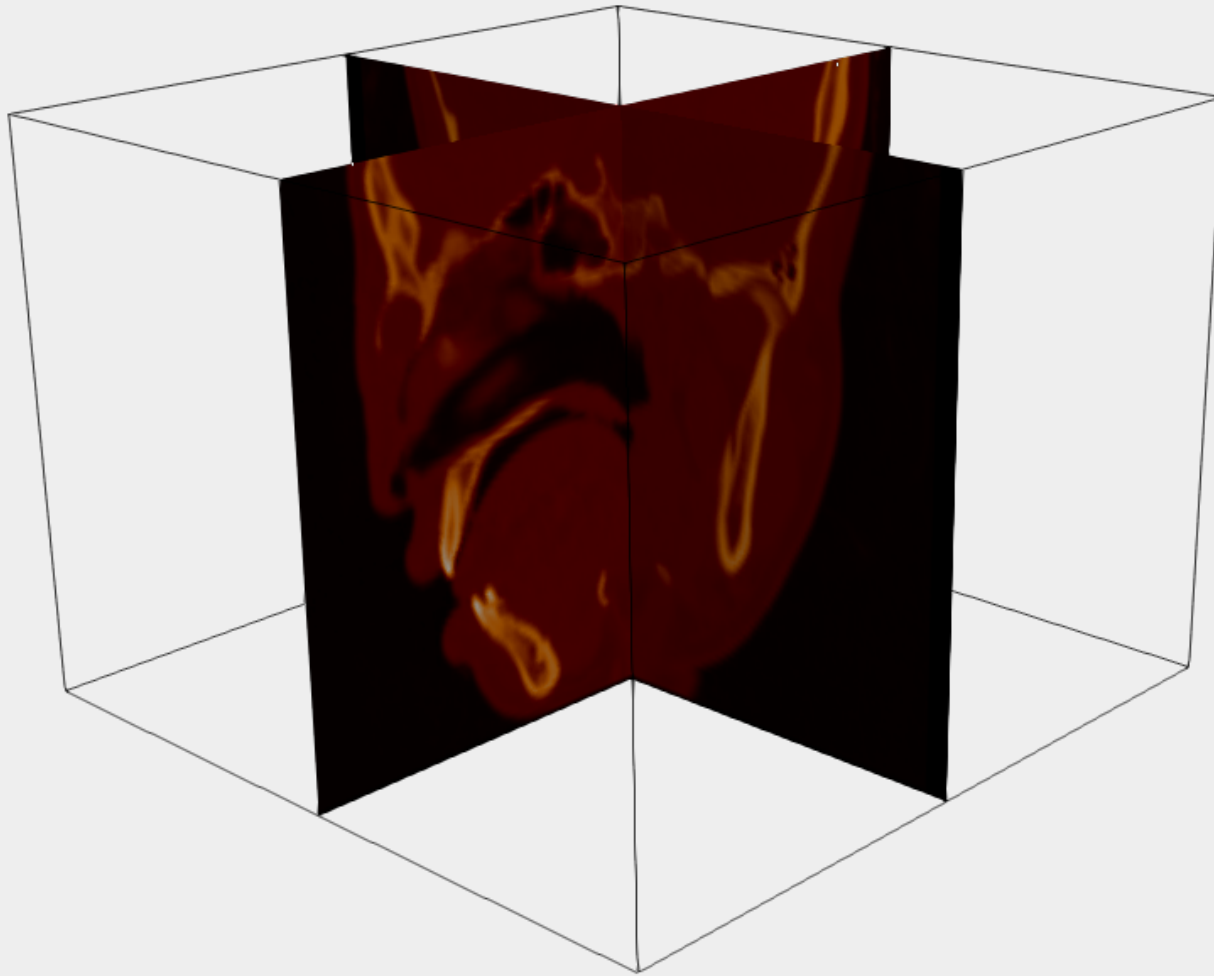
As in two dimensions, data in three dimensions represent continuous or discrete "phenomena".

In three dimensions there is a problem that does not exist in 2D: our objects can obstruct the visibility of other objects in the scene.

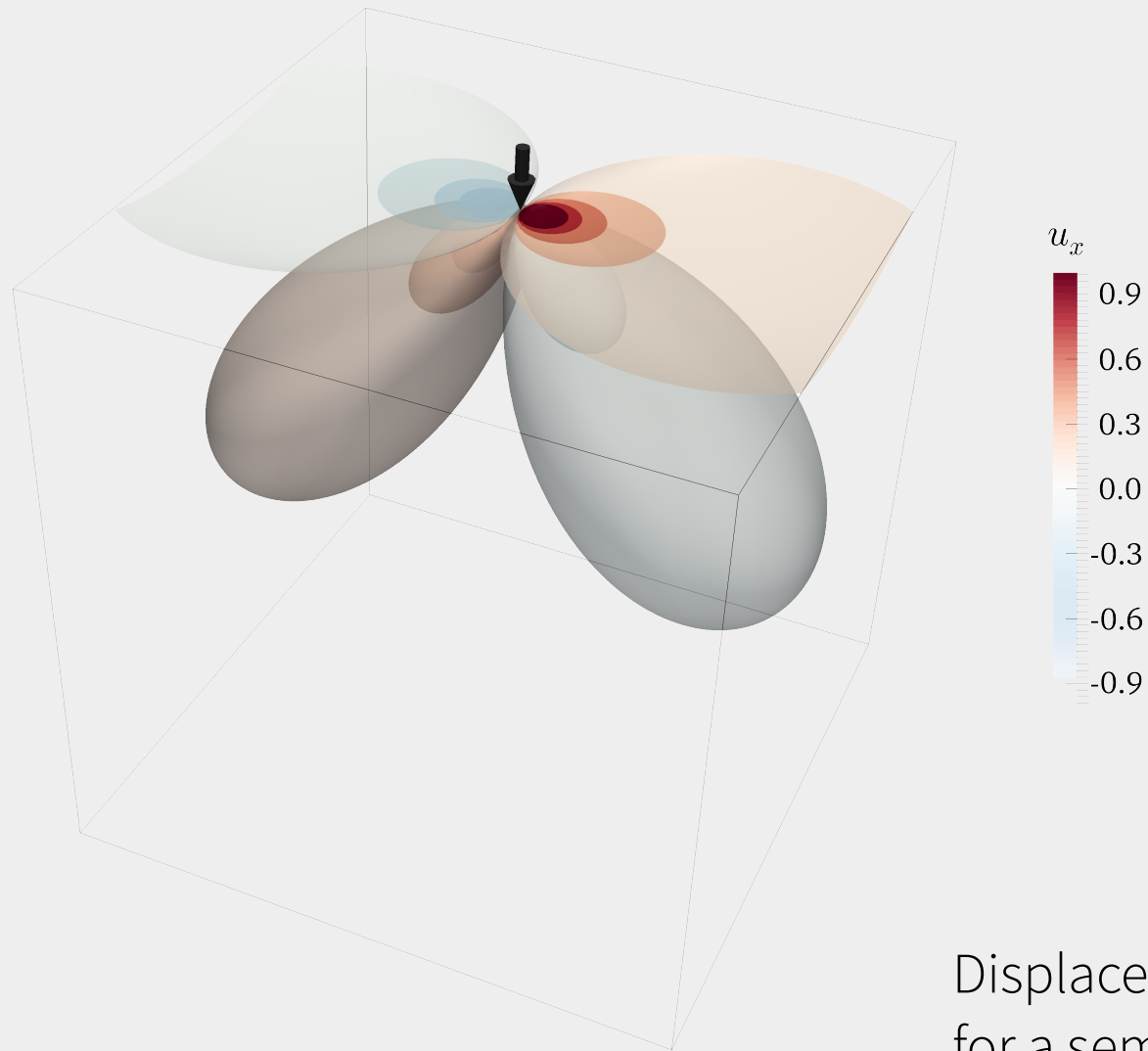
Visualizing volumetric data

Visualization of volumetric data use one of the following methods:

- Slicing
- Isosurfaces
- Volume rendering



Slices from a tomography dataset.



Displacement in the x direction
for a semi-infinite medium
with a point load applied on
the surface.

Renderizado
volumétrico de un
conjunto de datos de
tomografía.

