

Rio de Janeiro

2026.1

CIV2802 – Sistemas Gráficos para Engenharia



Luiz Fernando Martha

André Pereira



Objetivos e escopo

Introdução a conceitos e algoritmos de **Computação Gráfica** para alunos que pretendem **desenvolver** e **customizar** software técnico-científico.

» Fundamentos de Computação Gráfica

» Ferramentas e bibliotecas

- Criação de aplicações simples usando Visual Studio e Qt.
- Programação Orientada a Objetos em C++: primitivas gráficas (pontos, curvas e polígonos).
- Sistema gráfico OpenGL com exemplos de visualização de primitivas gráficas.
- Introdução a Geometria Computacional: interseção de curvas, teste de inclusão de pontos em polígonos, representação digital de curvas.

» Modelagem Geométrica

- Motivação: modelador gráfico x modelador geométrico.
- Estruturas de dados topológicas.
- Aplicações com a estrutura de dados Half-edge.

» Geração de Malhas

- Estratégias e algoritmos.
- Uso de bibliotecas.

» Visualização Científica

- Pós-processamento de resultados de elementos finitos.

Curso

Planejamento e Conteúdo

Aula			Assunto	Trabalho (aplicação)
1	06/mar	6ª f	Apresentação do ambiente de desenvolvimento – Python, Visual Studio Code e Qt. Desenvolvimento de programas simples no ambiente: <i>hello world</i> e soma de dois números. Introdução a Computação Gráfica para Engenharia.	
2	13/mar	6ª f	Desenvolvimento de uma calculadora RPN (console) em Python. Introdução a Programação Orientada a Objetos. Modelagem Orientada a Objetos da calculadora RPN.	Trabalho 1: Calculadora RPN GUI com Qt
3	20/mar	6ª f	Visualização bidimensional com OpenGL. Programa gráfico simples em Qt e OpenGL. Transformações geométricas 2D. Transformação Window-Viewport.	Trabalho 2: Visualização bidimensional com Qt e OpenGL
4	27/mar	6ª f	Tratamento de cor. Padrão/biblioteca gráfica OpenGL. Programação em um ambiente gráfico interativo dirigido por eventos. Paradigma de signals & slots do Qt.	
	03/abr	6ª f	FERIADO SEMANA SANTA	
5	10/abr	6ª f	Eventos de mouse em canvas.	
6	17/abr	6ª f	Representações digitais de curvas.	Trabalho 3: Coleta interativa de curvas
	24/abr	6ª f	RECESSO FERIADO SÃO JORGE	
	01/mai	6ª f	FERIADO DIA DO TRABALHO	
7	08/mai	6ª f	Representações digitais de curvas (cont.). Introdução à Geometria Computacional. Tesselagem de regiões bidimensionais.	
8	15/mai	6ª f	Introdução à Geometria Computacional (cont.). Algoritmos de interseção de segmentos de reta.	Trabalho 4: Modelador geométrico com interseções de curvas e criação explícita de regiões
9	22/mai	6ª f	Introdução à Geometria Computacional (cont.). Teste de proximidade e inclusão de pontos em regiões.	
10	29/mai	6ª f	Geração de malhas de elementos finitos: algoritmos de mapeamento, algoritmos de avanço de fronteiras e algoritmos de triangulação Delaunay.	Trabalho 5: Geração de malhas
	05/jun	6ª f	RECESSO DE CORPUS CHRISTI	
11	12/jun	6ª f	Transformações geométricas para visualização 3D e modelo de câmera.	
12	19/jun	6ª f	Transformações geométricas para controle de visualização 3D.	Trabalho 6: Visualização 3D
13	26/jun	6ª f	Modelagem de sólidos manifold e de subdivisões planares. Estruturas de dados topológicas manifold. Estrutura de dados Half-edge.	

CIV2802 - Sistemas Gráficos para Engenharia - 2026.1

<https://web.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/compgraf-261/>

CIV2802 - Sistemas Gráficos para Engenharia - 2026.1



Prof. Luiz Fernando Martha
e-mail: lfm@tecgraf.puc-rio.br
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Prof. André Maués Brabo Pereira
e-mail: andremaues@id.uff.br
Universidade Federal Fluminense - UFF

[[Horário](#) | [Geral](#) | [Aulas](#) | [Trabalhos](#) | [Programa](#) | [Cronograma](#) | [Aprovação](#) | [Bibliografia](#)]

Horário

- Sexta-feira: 13:00-16:00 hs - Aulas *online* no [Ambiente de Aprendizagem Online da PUC-Rio](#).

Geral

- [Programa da disciplina](#).
- [Instruções para instalação do ambiente de desenvolvimentos de programas gráficos em Python: Python 3.9 e Visual Studio Code](#).
- [Roteiro para usar o app QtDesigner \(para criação de interfaces gráficas com Qt\)](#).

Aulas

- Aula 01 - 06/mar/2026 - Apresentação do ambiente de desenvolvimento e do curso.
[Apresentação do ambiente de desenvolvimento – Python, Visual Studio Code e Qt](#).

Desenvolvimento de programas simples com o ambiente:

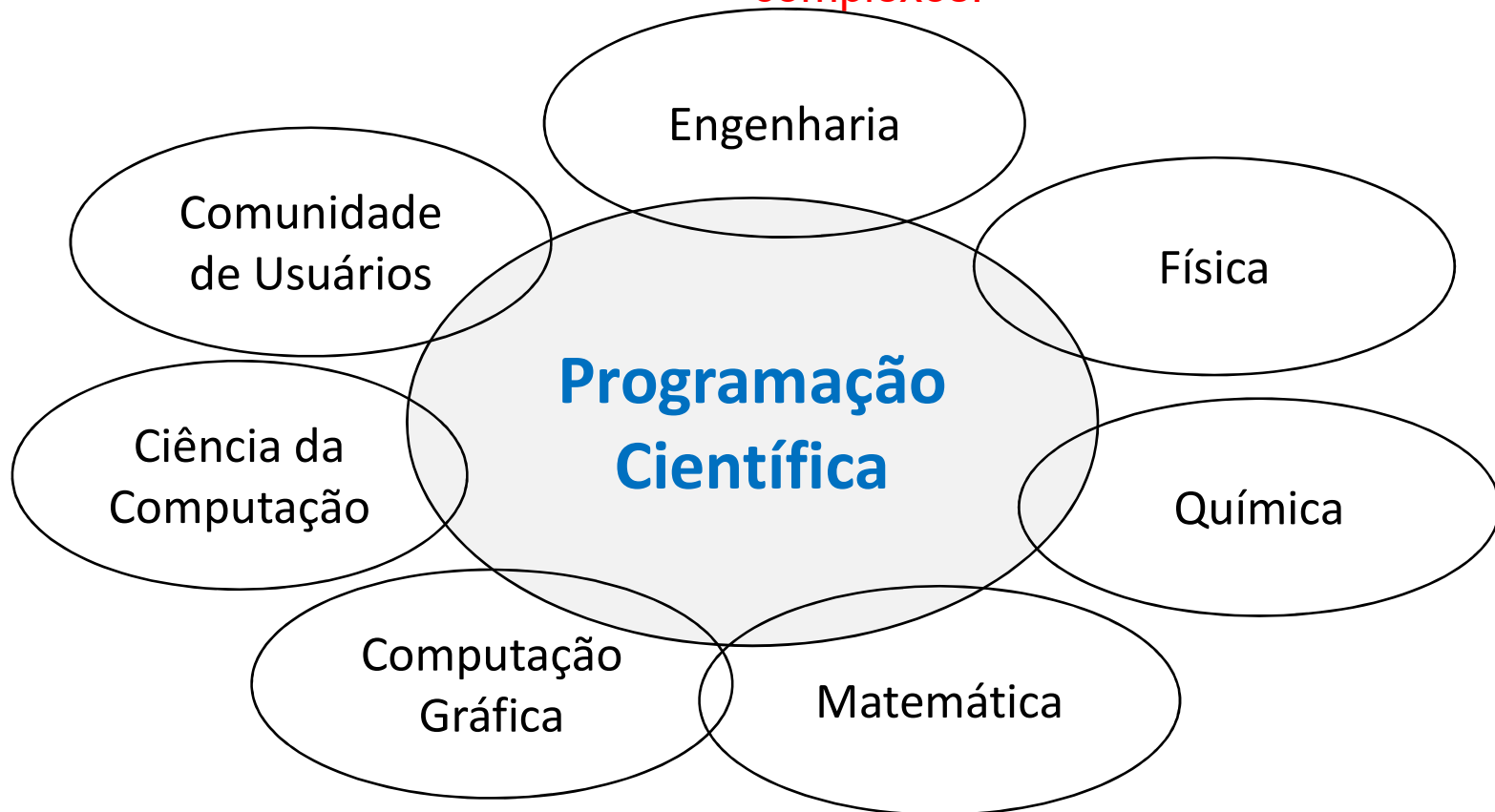
Programa muito simples "Hello World" em Python usando Qt 5: [Instruções para criação do programa](#)

Interesses em Modelagem Científica

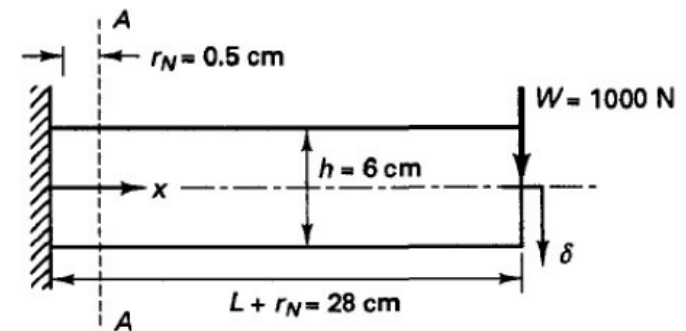
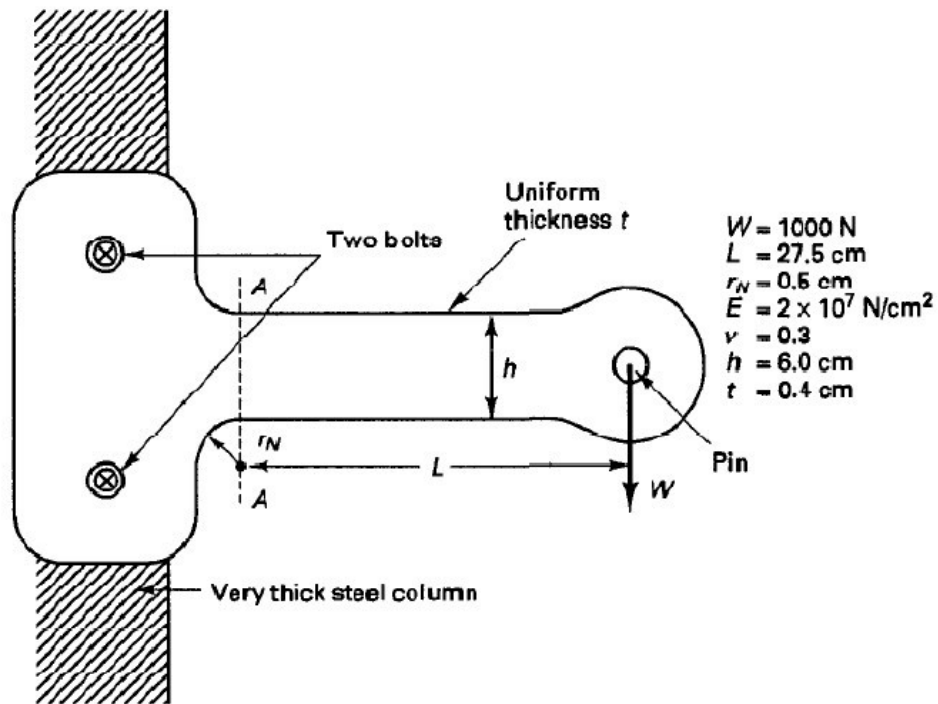
Modelagem Computacional → meio de substituir medições diretas ou experimentos em laboratórios.

&

Simulações Numéricas → meio de implementar modelos complexos.

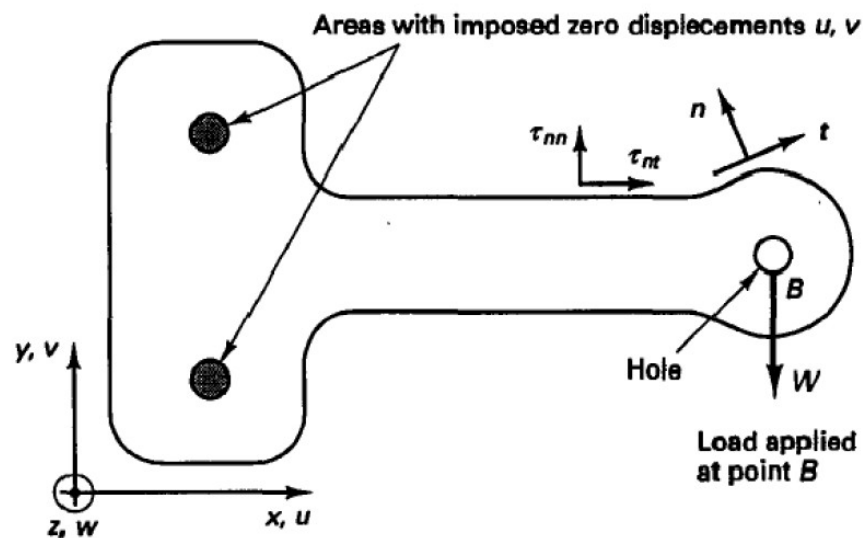


Modelagem com Métodos Numéricos



$$\begin{aligned}
 M &= WL \\
 &= 27,500 \text{ N cm} \\
 \delta|_{\text{at load } W} &= \frac{1}{3} \frac{W(L + r_N)^3}{EI} + \frac{W(L + r_N)}{\frac{5}{8}AG} \\
 &= 0.053 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Fonte: Bathe, 1996. Finite Element Procedures



$$\delta|_{\text{at load } W} = 0.064 \text{ cm}$$

$$M|_{x=0} = 27,500 \text{ N cm}$$

Equilibrium equations (see Example 4.2)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ in domain of bracket}$$

$\tau_{nn} = 0, \tau_{nt} = 0$ on surfaces except at point B
and at imposed zero displacements

Stress-strain relation (see Table 4.3):

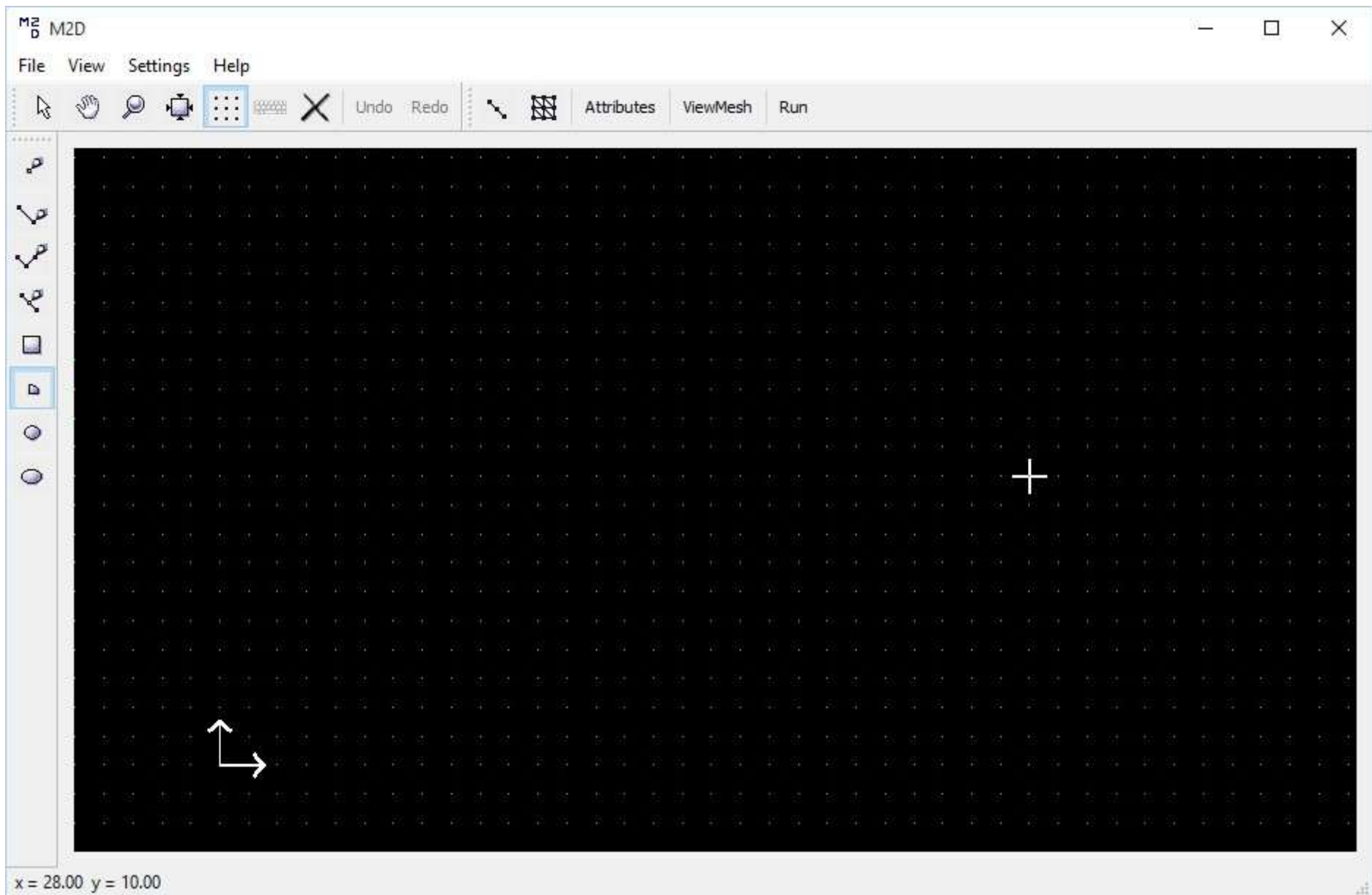
$$\begin{bmatrix} \tau_{xx} \\ \tau_{yy} \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} = \frac{E}{1 - \nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1 - \nu)/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}$$

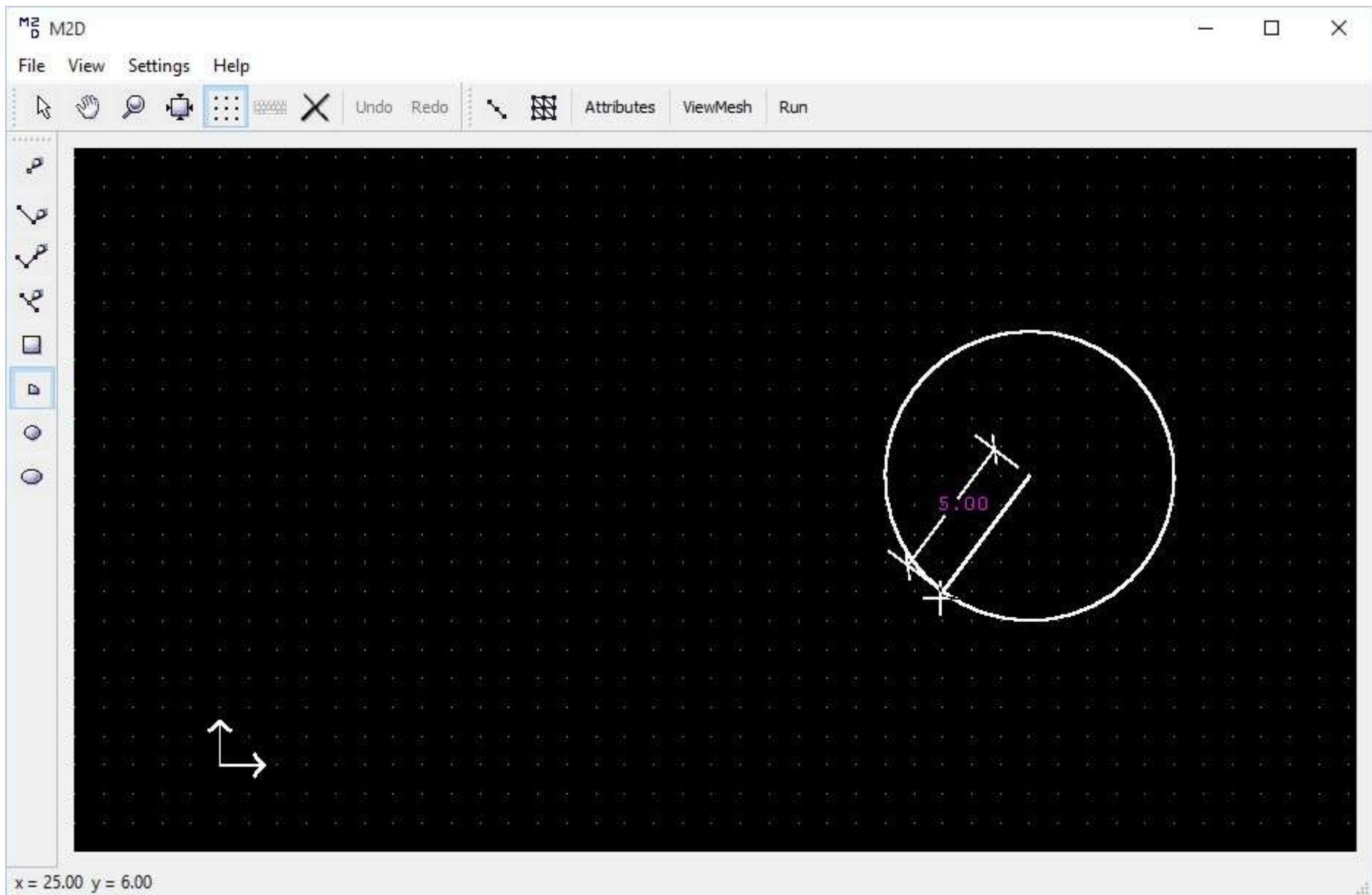
E = Young's modulus, ν = Poisson's ratio

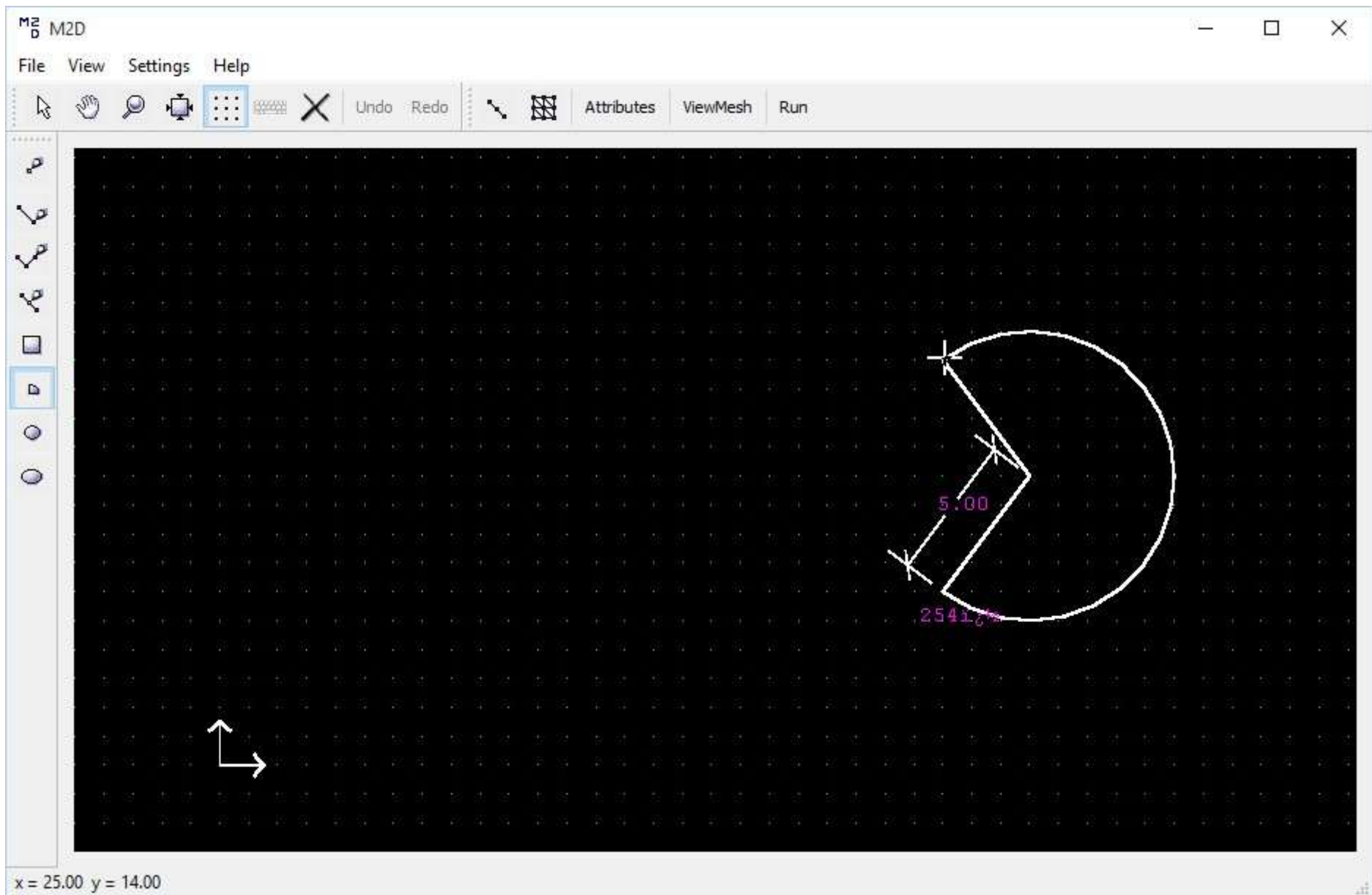
Strain-displacement relations (see Section 4.2):

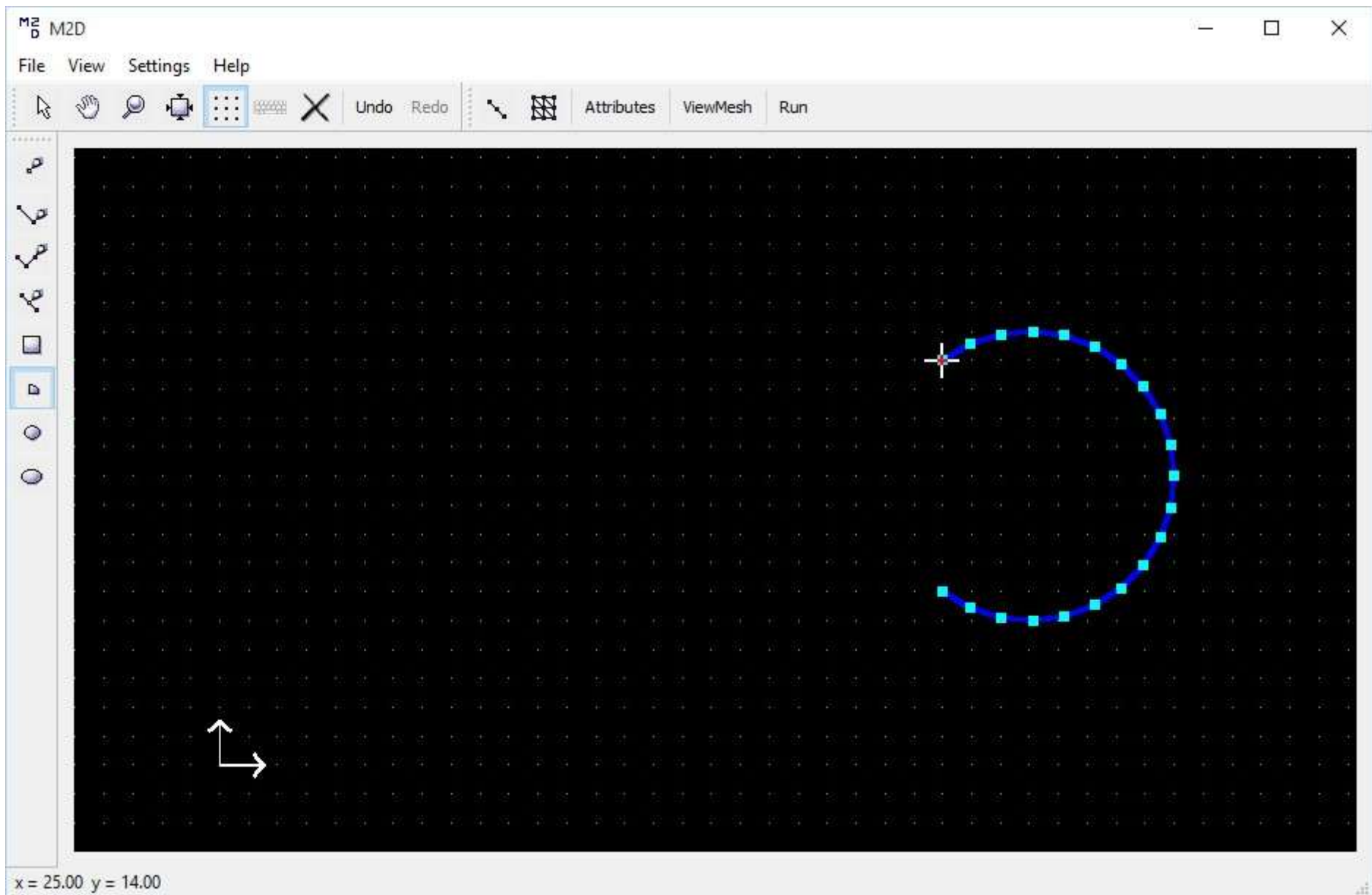
$$\epsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \epsilon_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

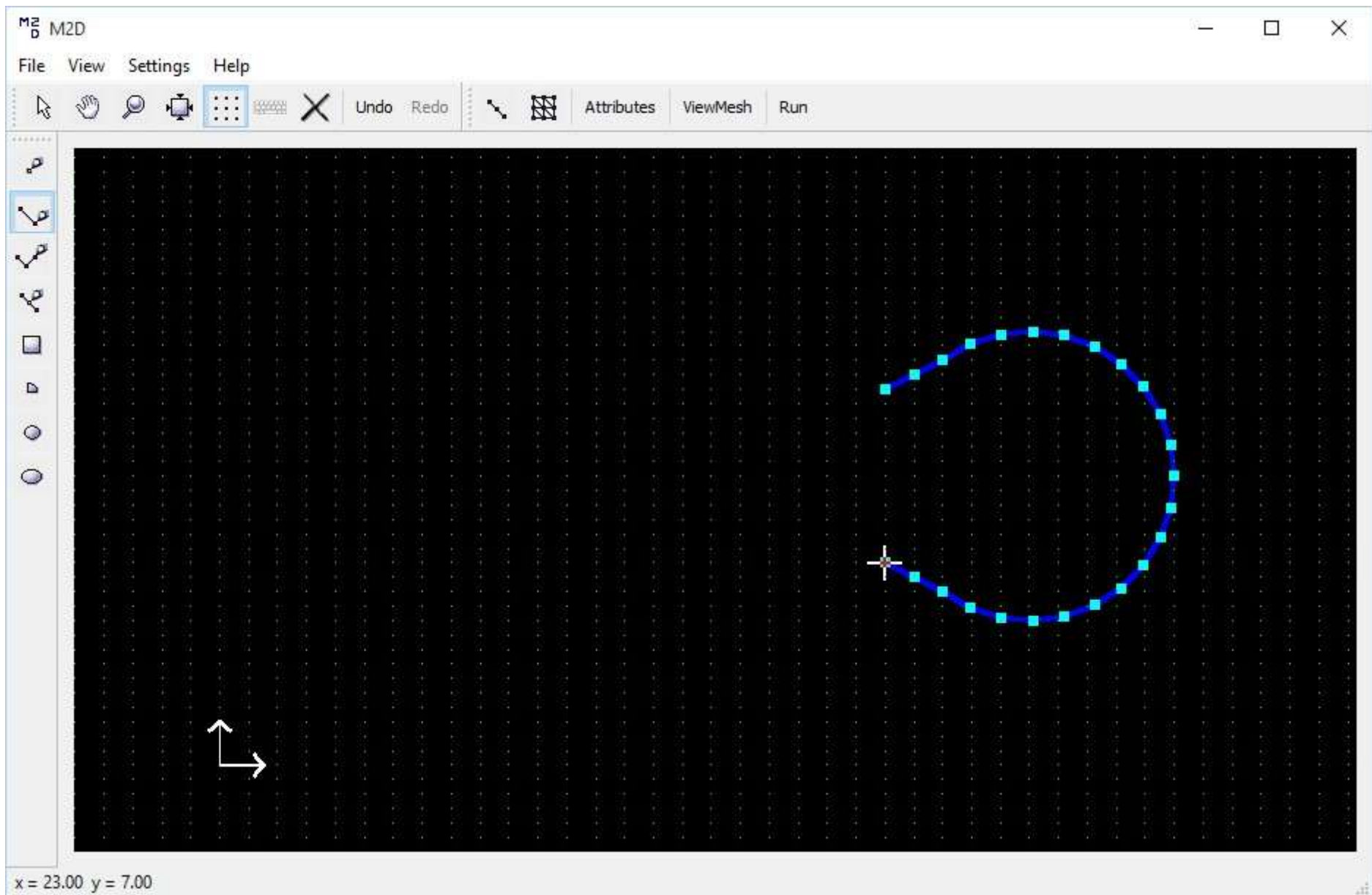
Fonte: Bathe, 1996. Finite Element Procedures

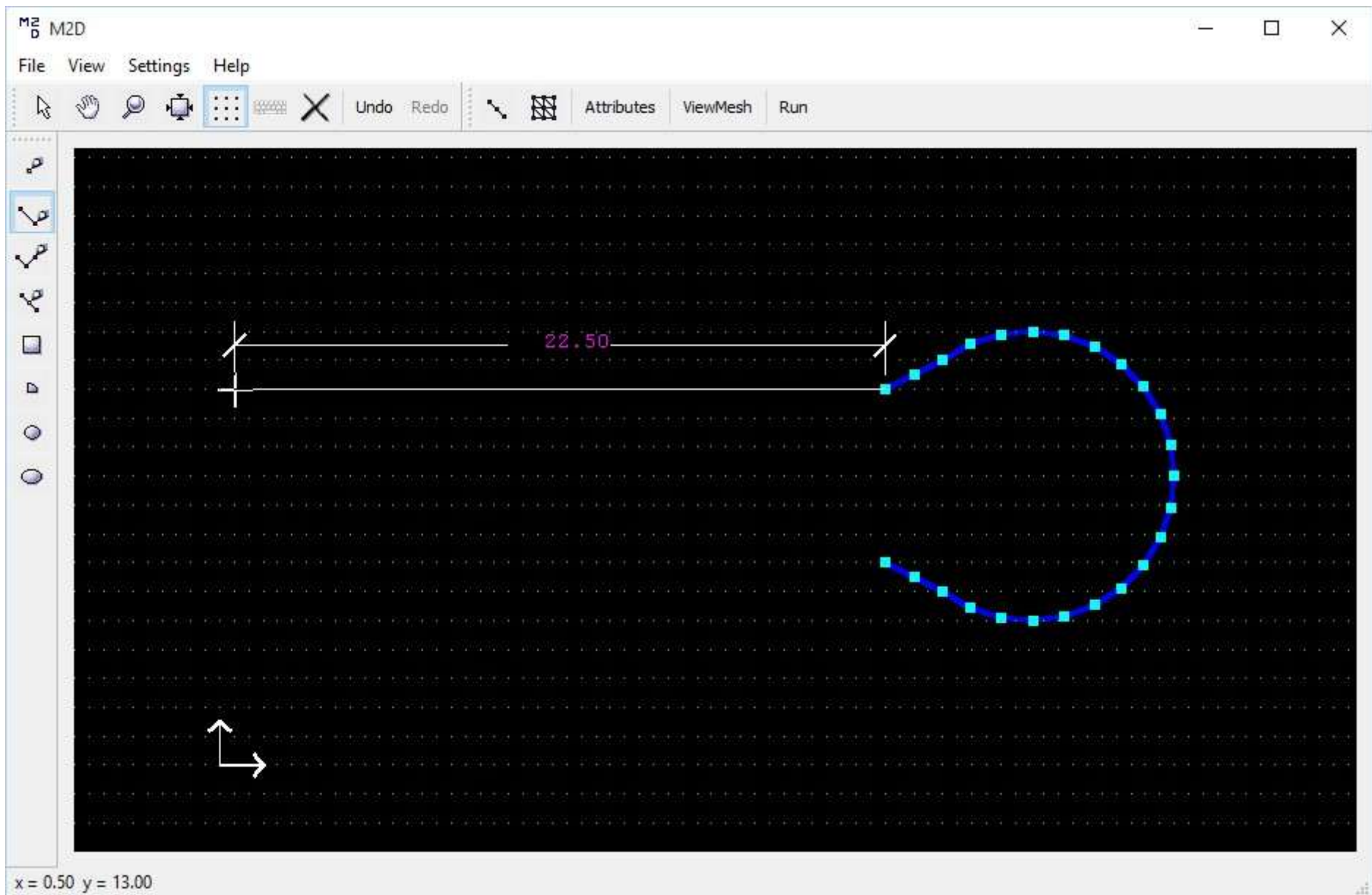


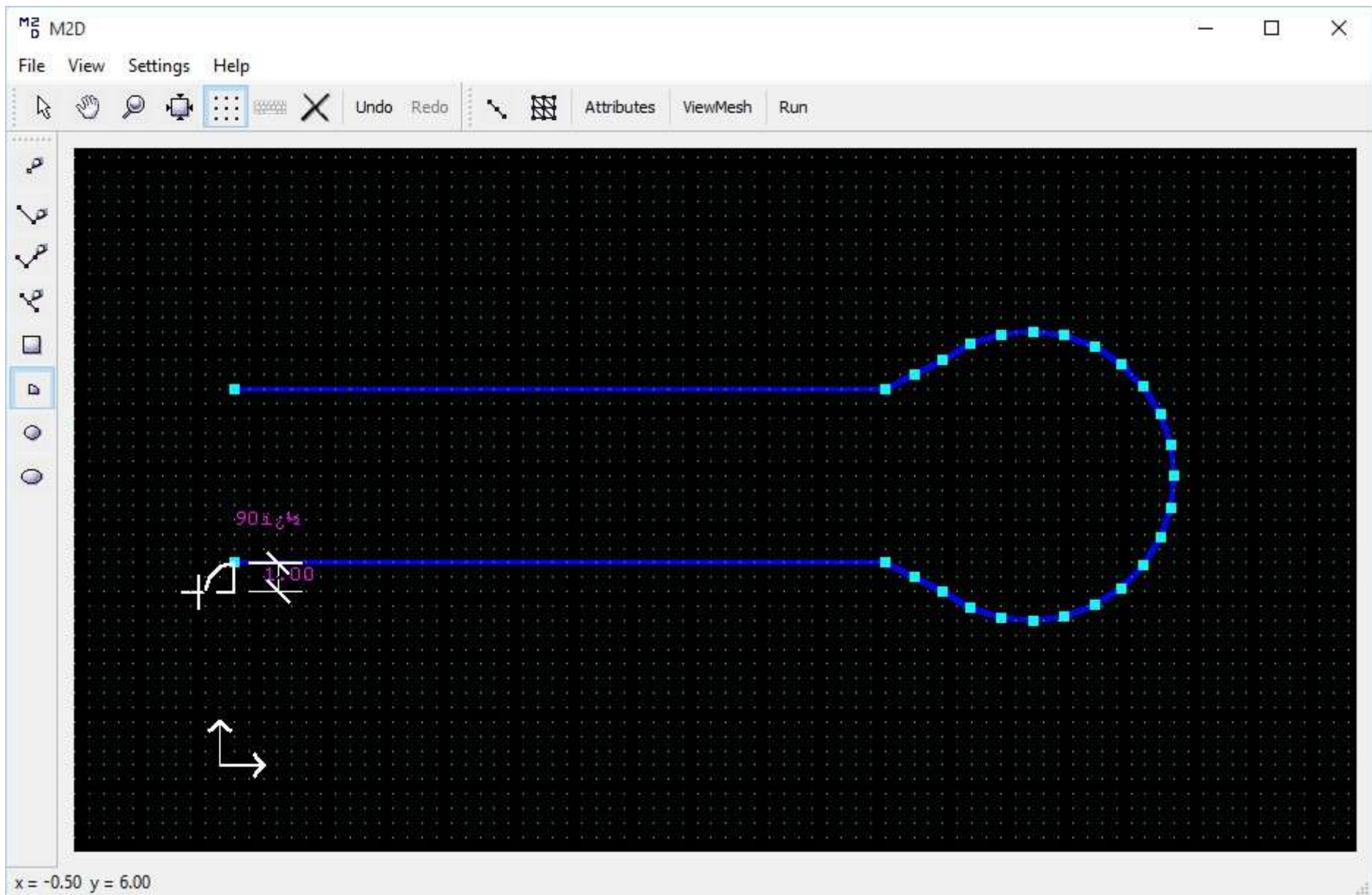


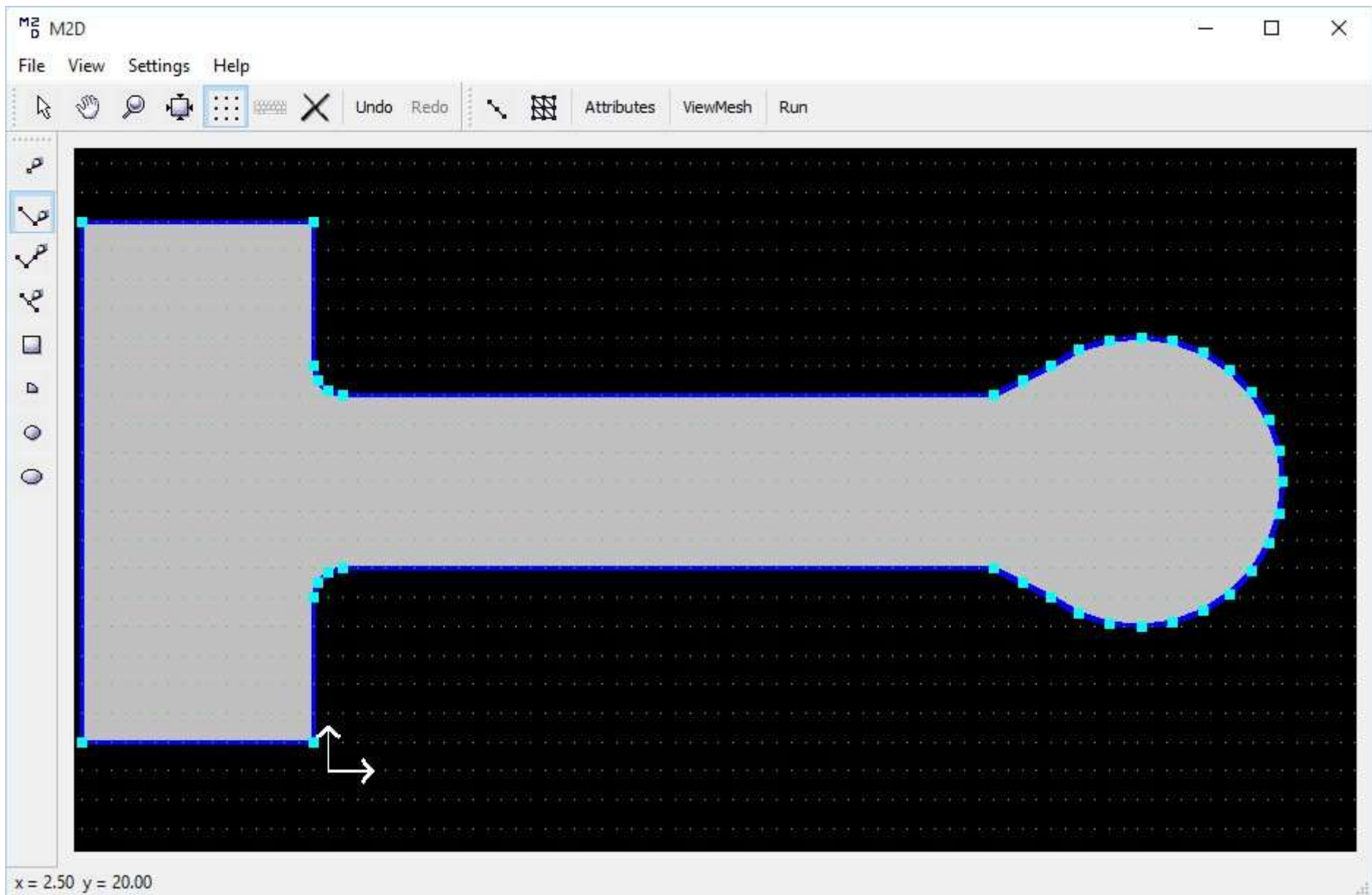


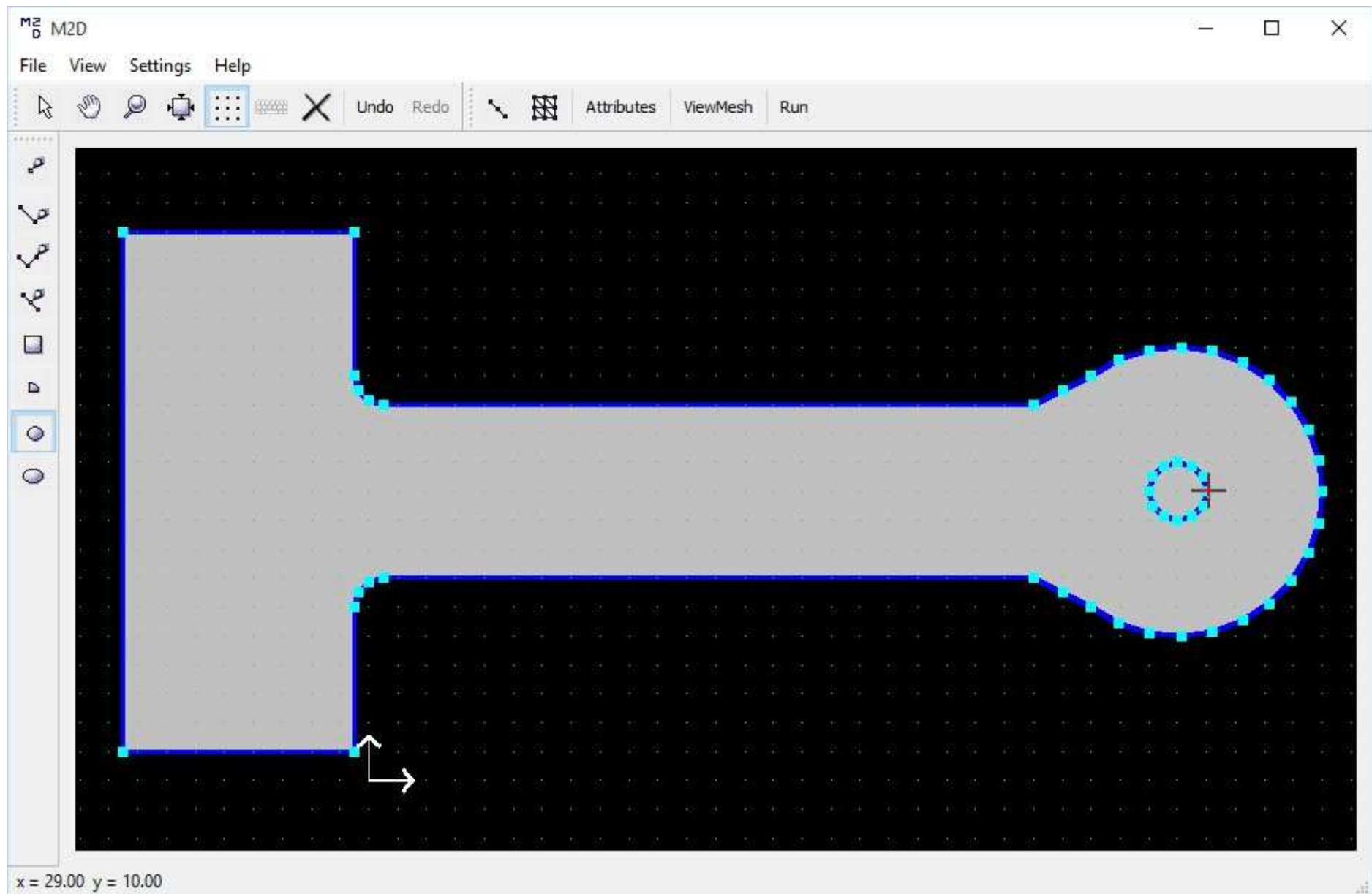


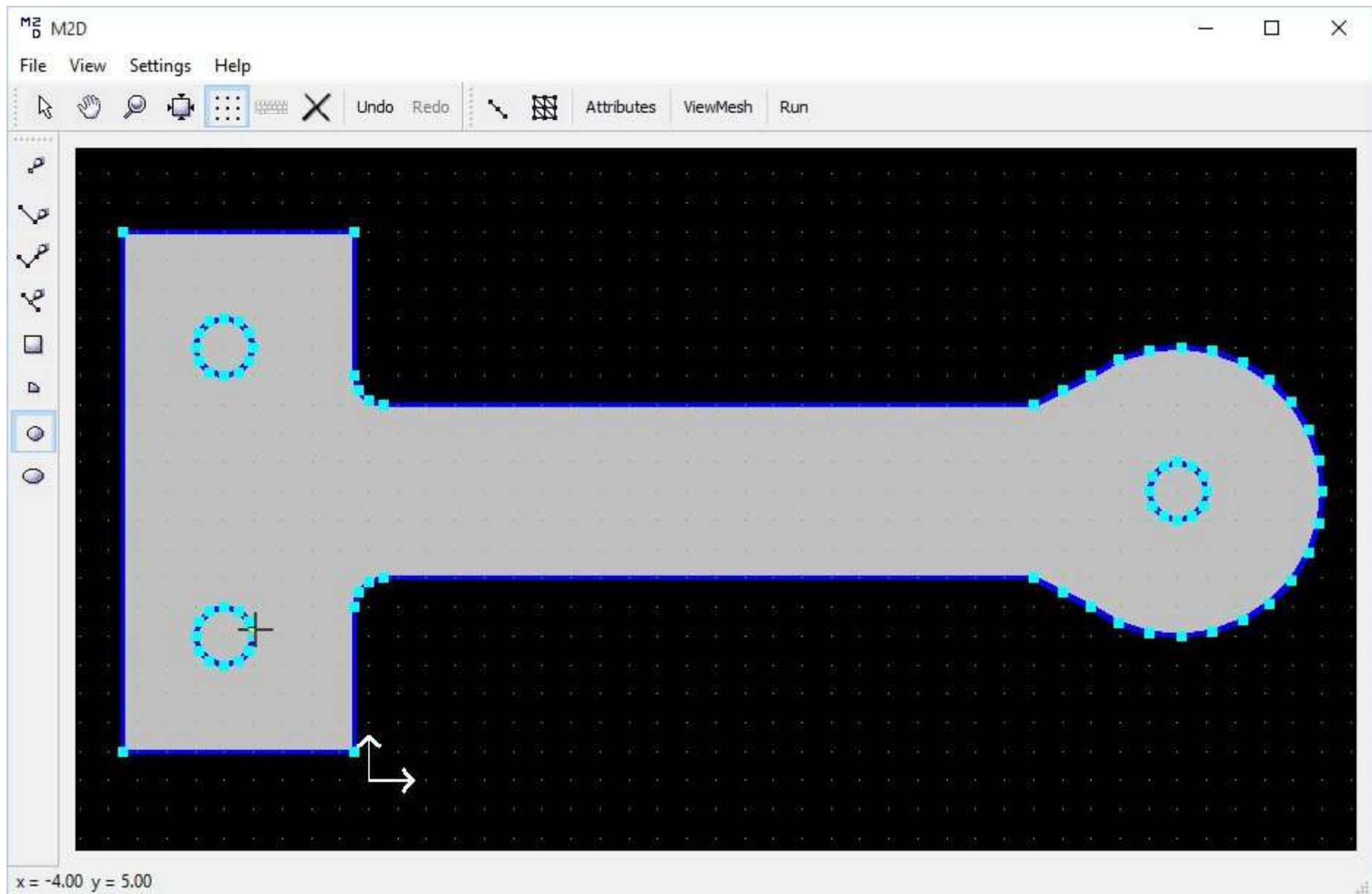


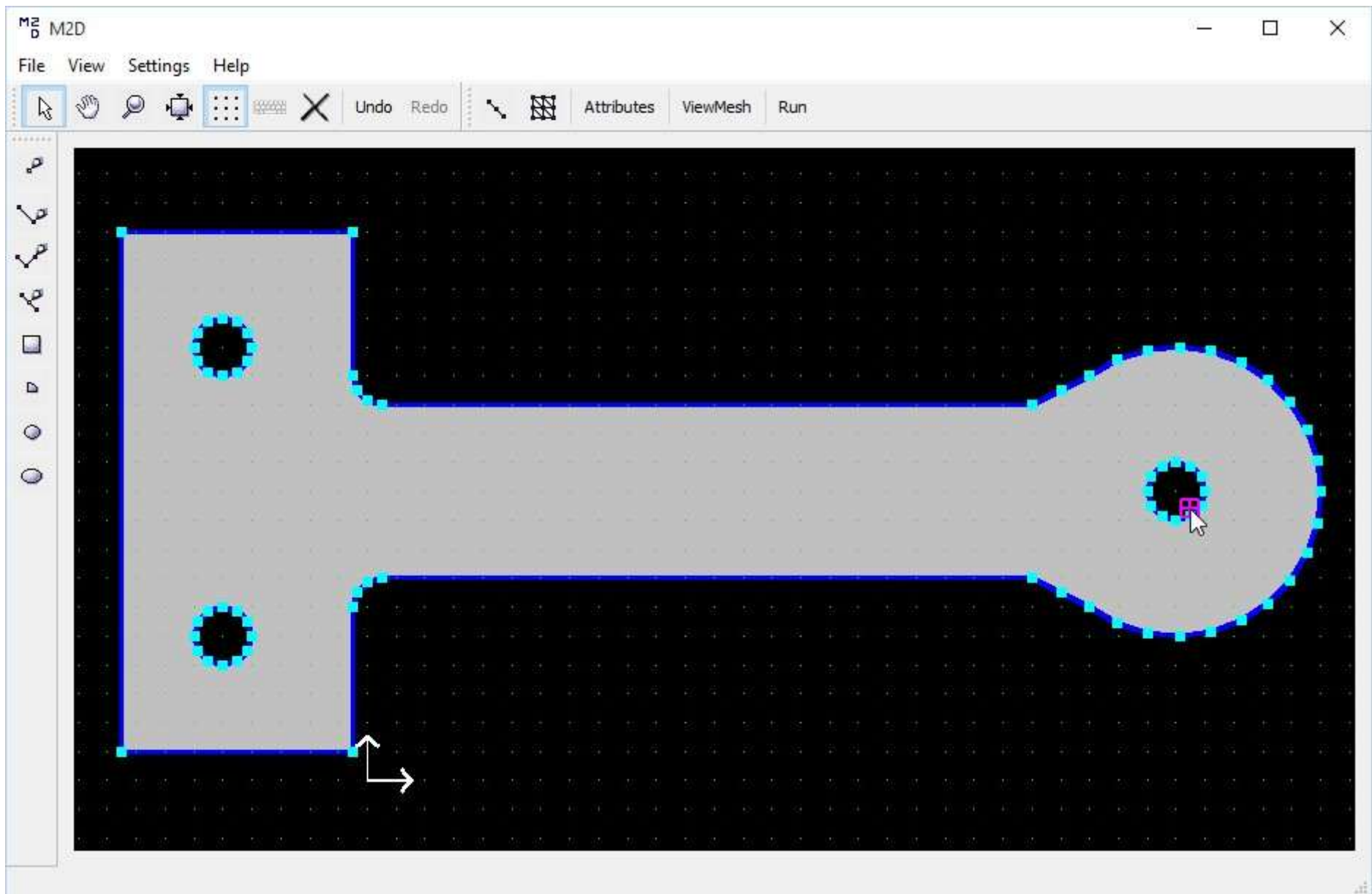


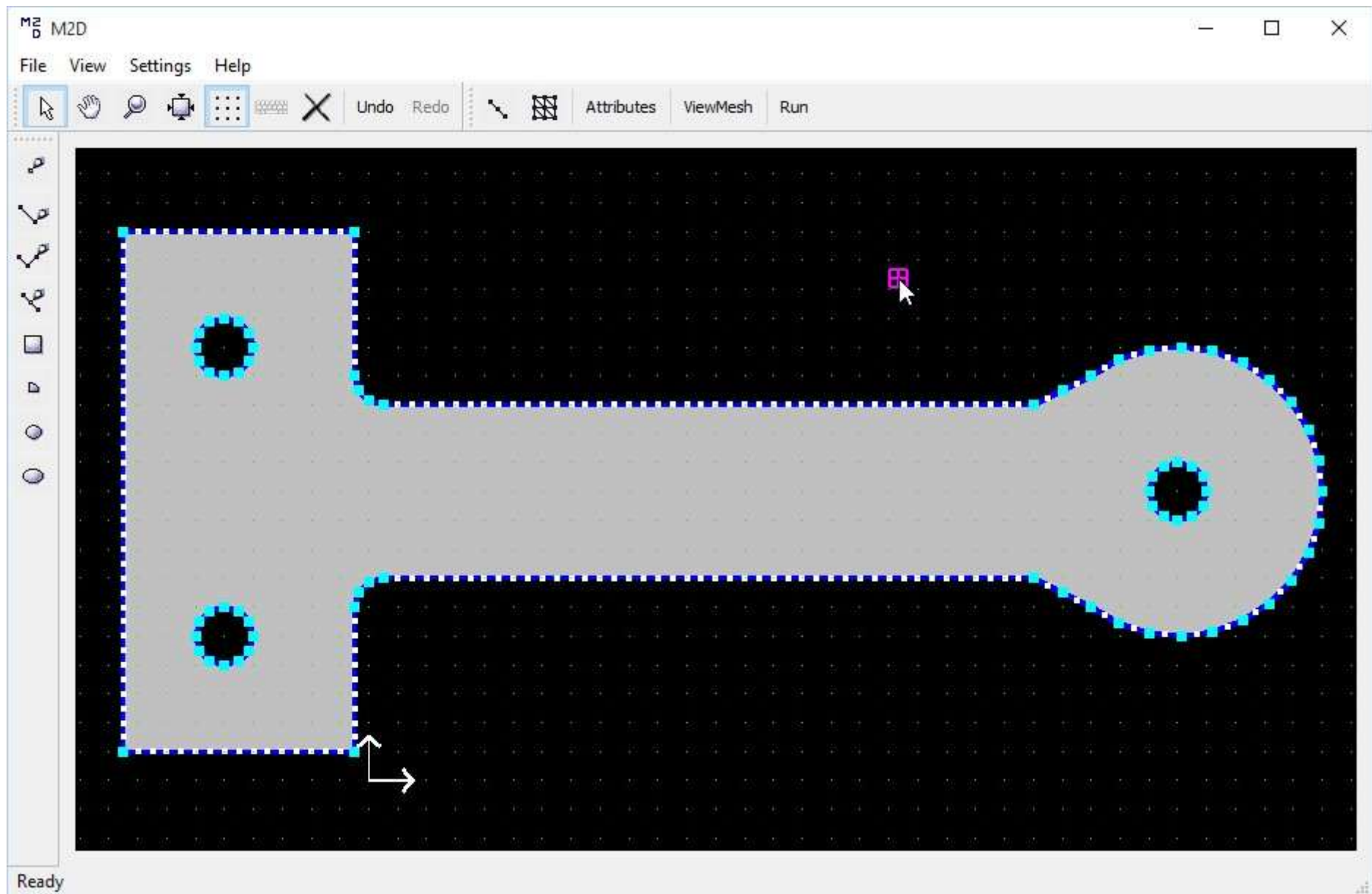


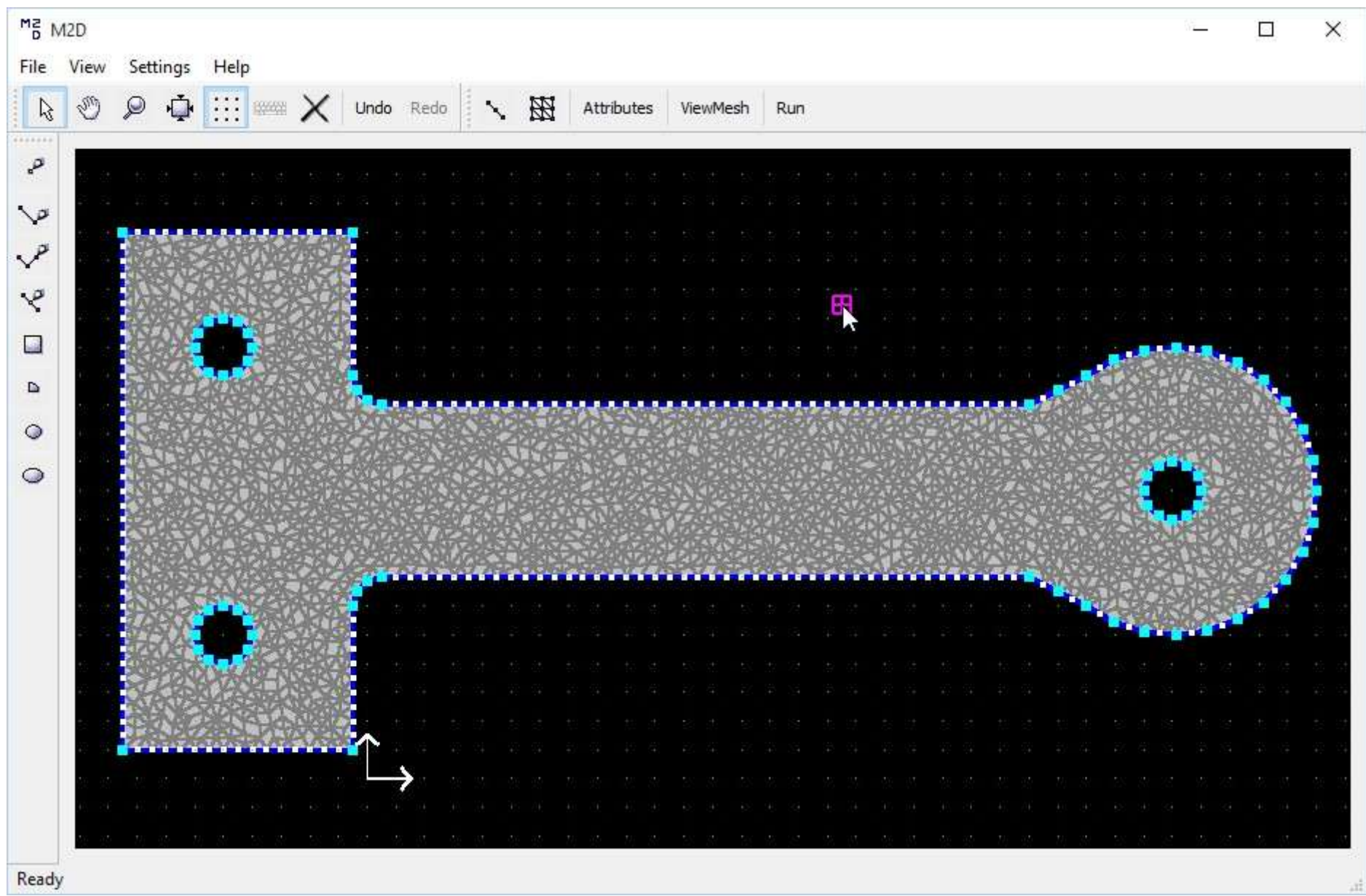


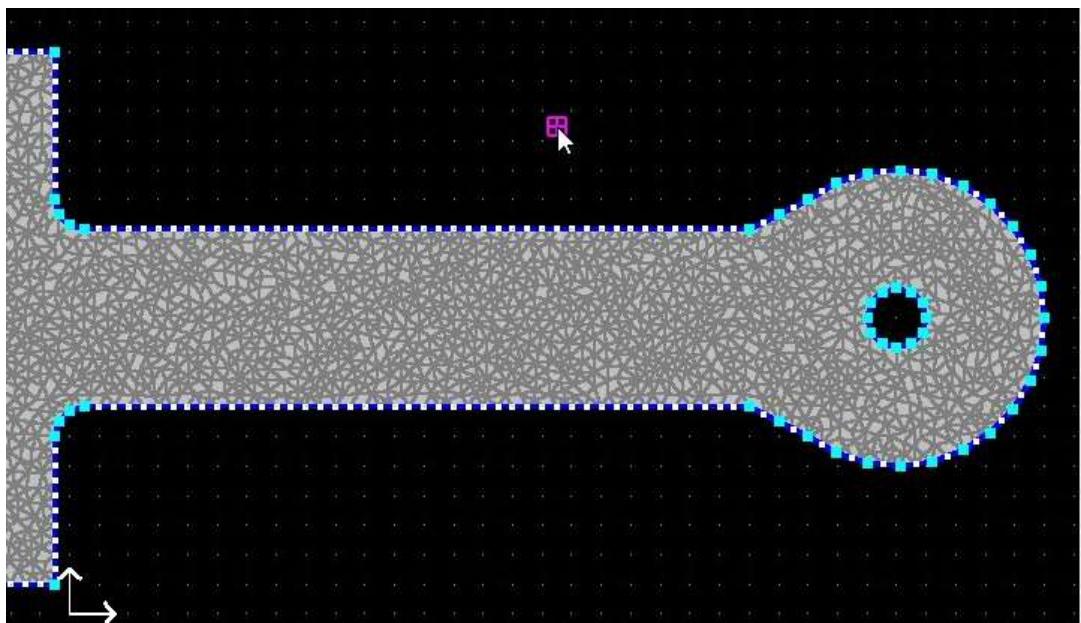
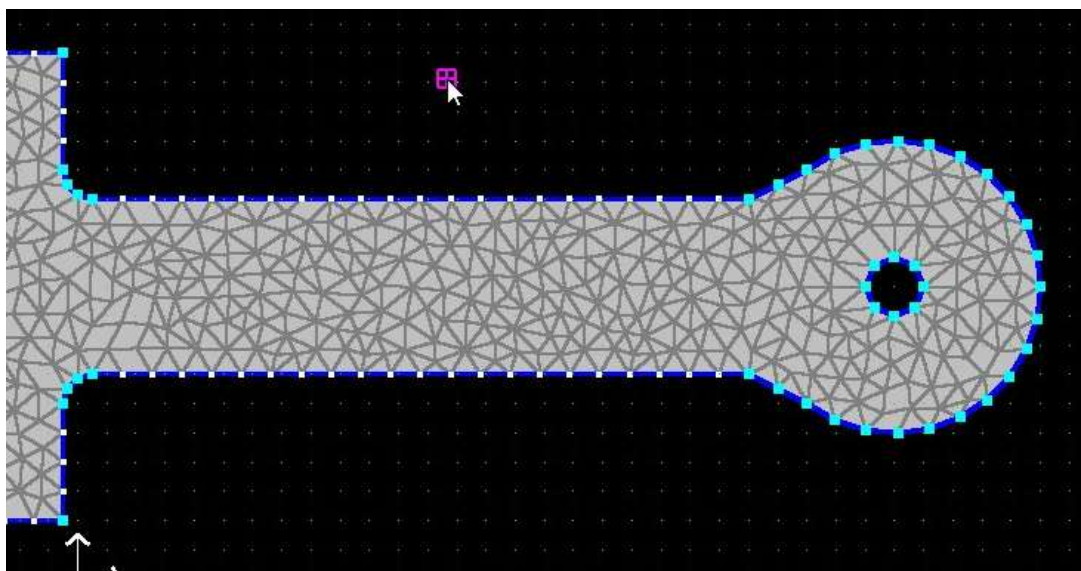


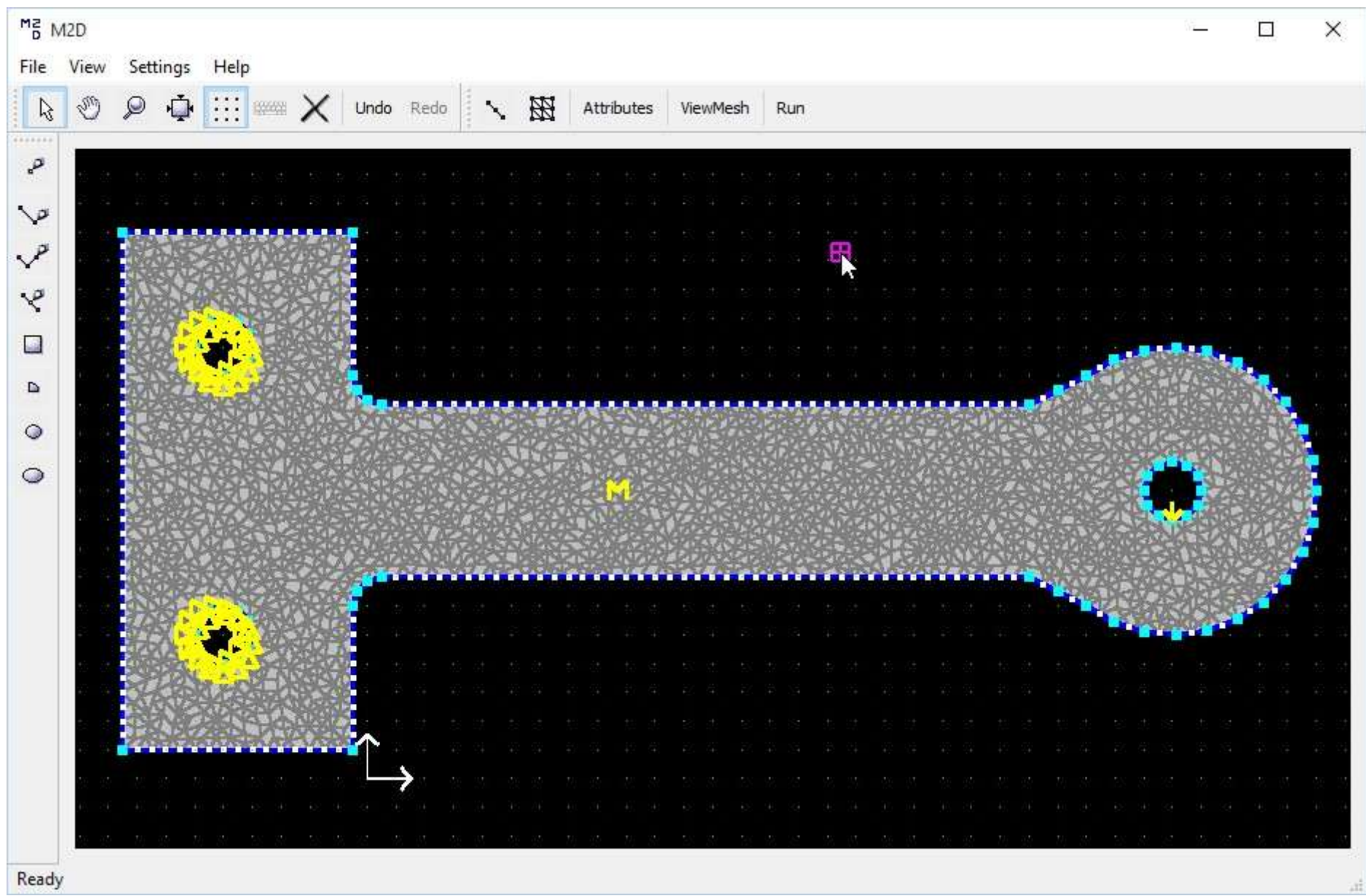


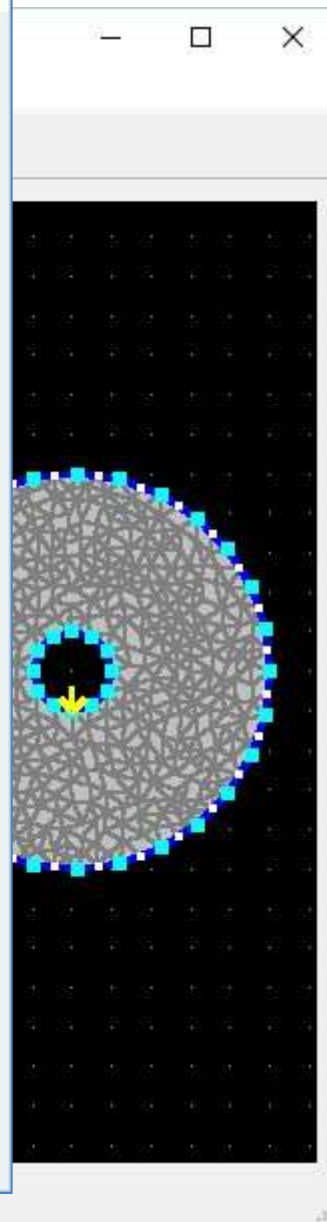
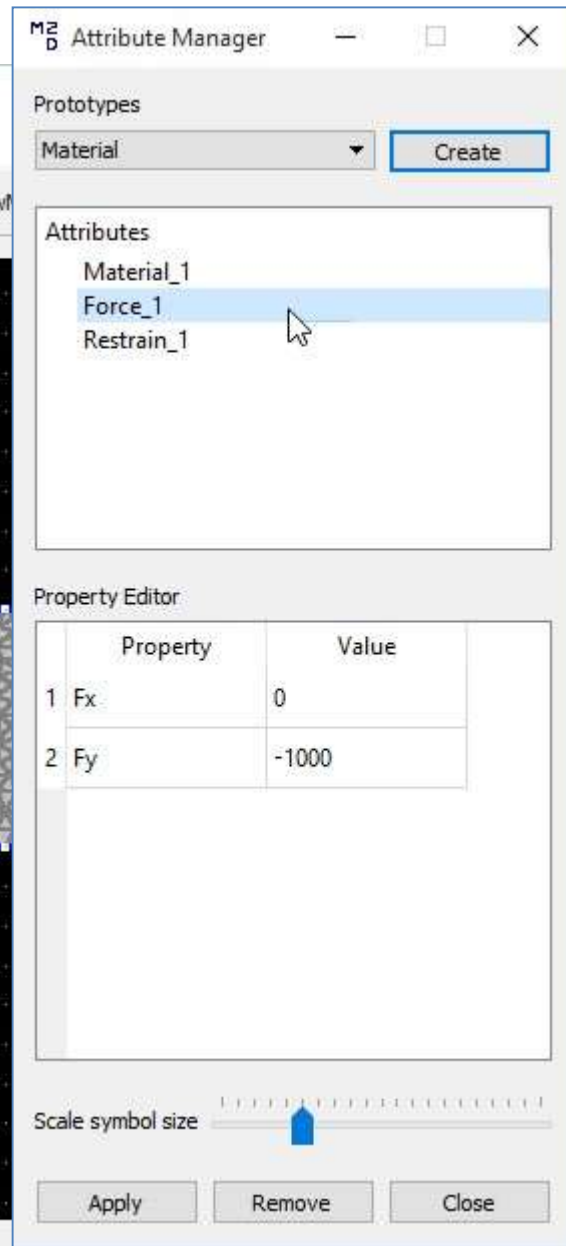
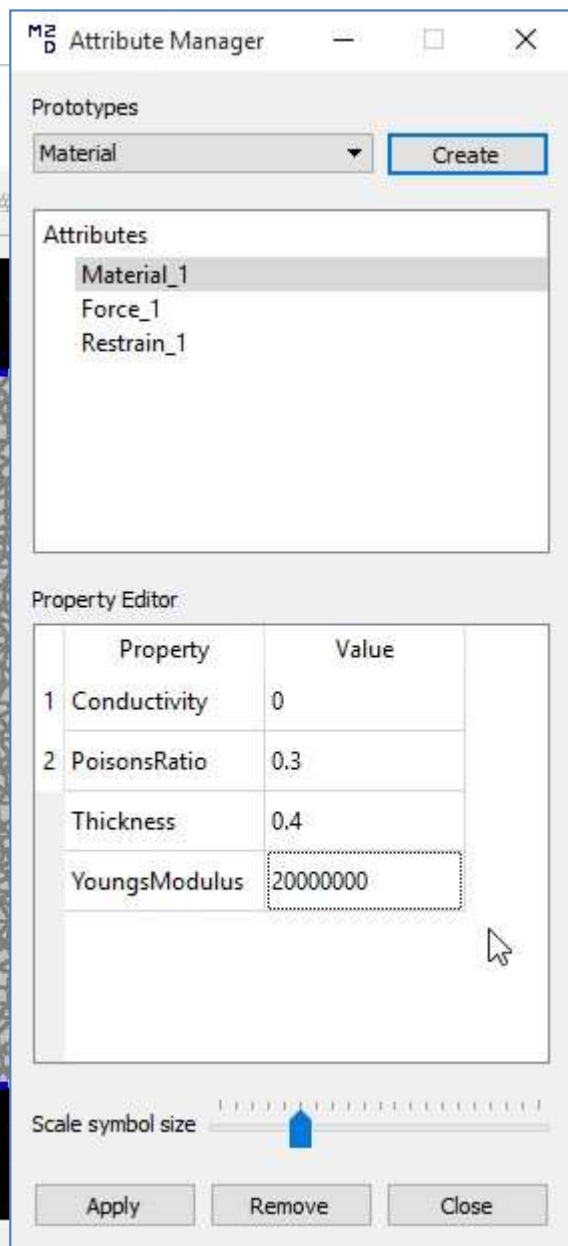
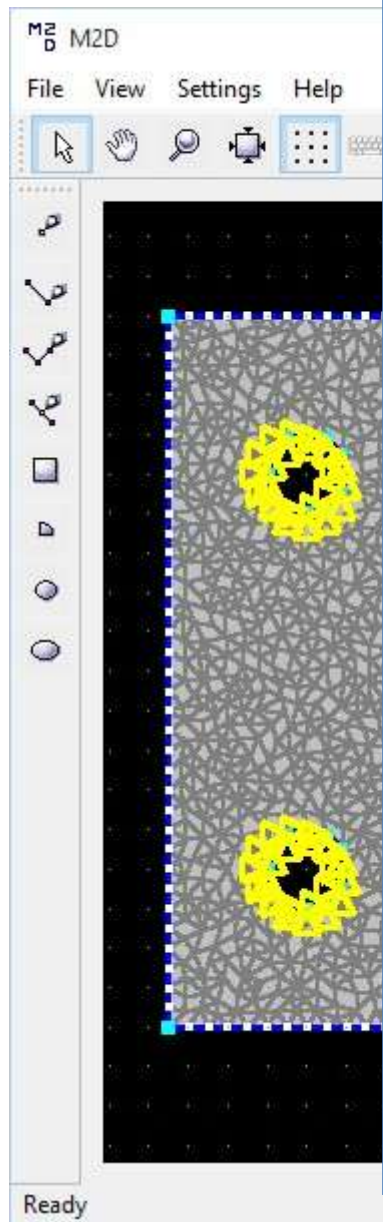












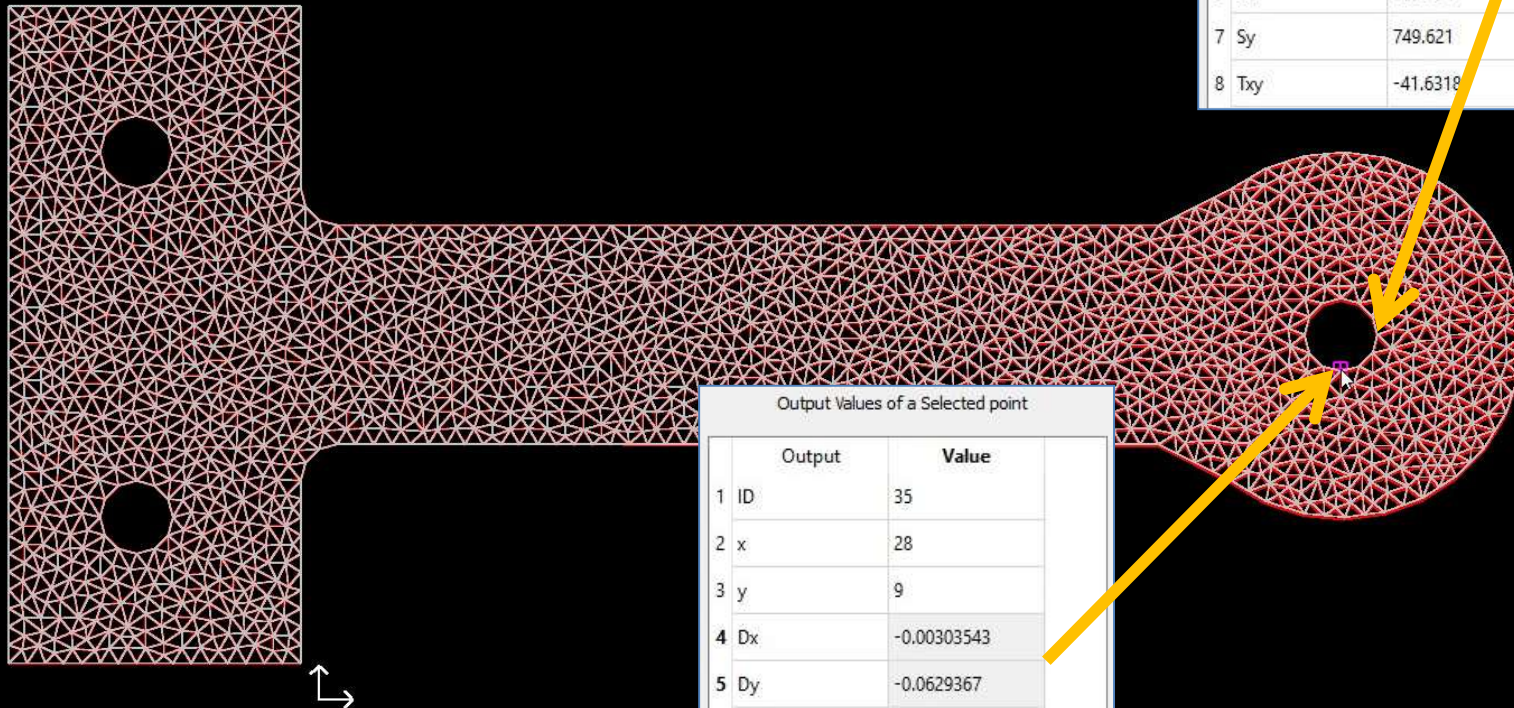
Deformada 1x

MB Visualization



Deformada 1x

Visualization



Output Values of a Selected point		
	Output	Value
1	ID	26
2	x	29
3	y	10
4	Dx	-4.76107e-05
5	Dy	-0.0658115
6	Sx	152.891
7	Sy	749.621
8	Txy	-41.6318

Output Values of a Selected point		
	Output	Value
1	ID	35
2	x	28
3	y	9
4	Dx	-0.00303543
5	Dy	-0.0629367
6	Sx	-718.311
7	Sy	-2068.2
8	Txy	-305.605

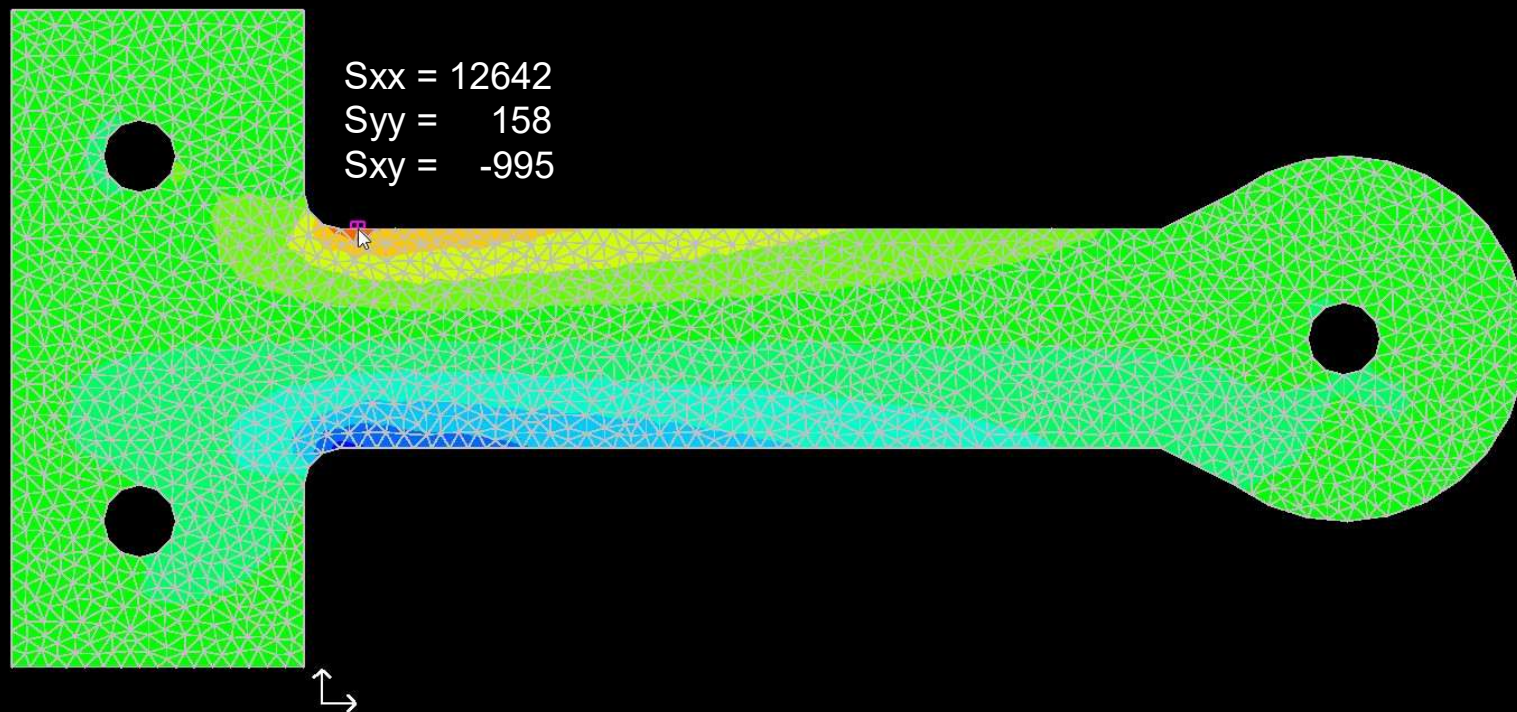
Deformada 10x

ME Visualization



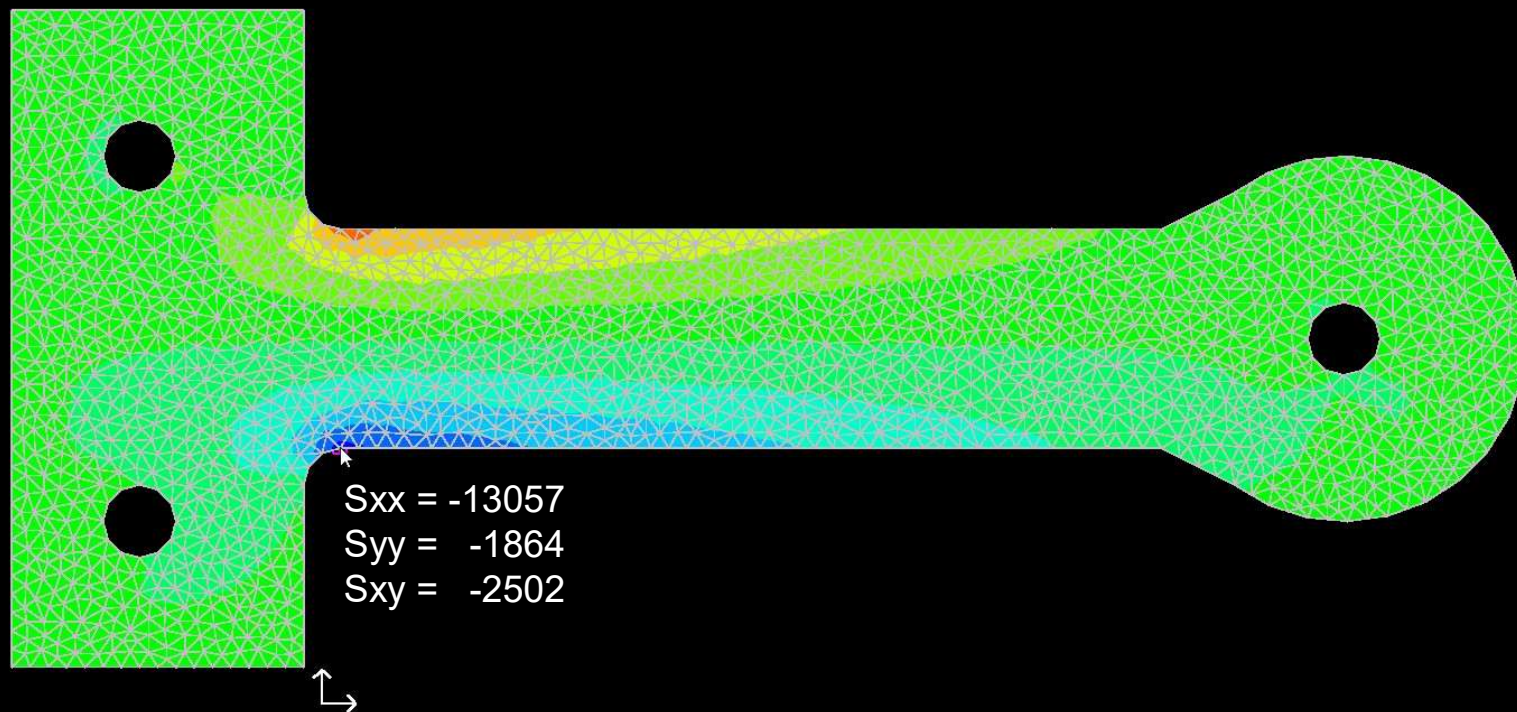
Tensões Sxx

Visualization



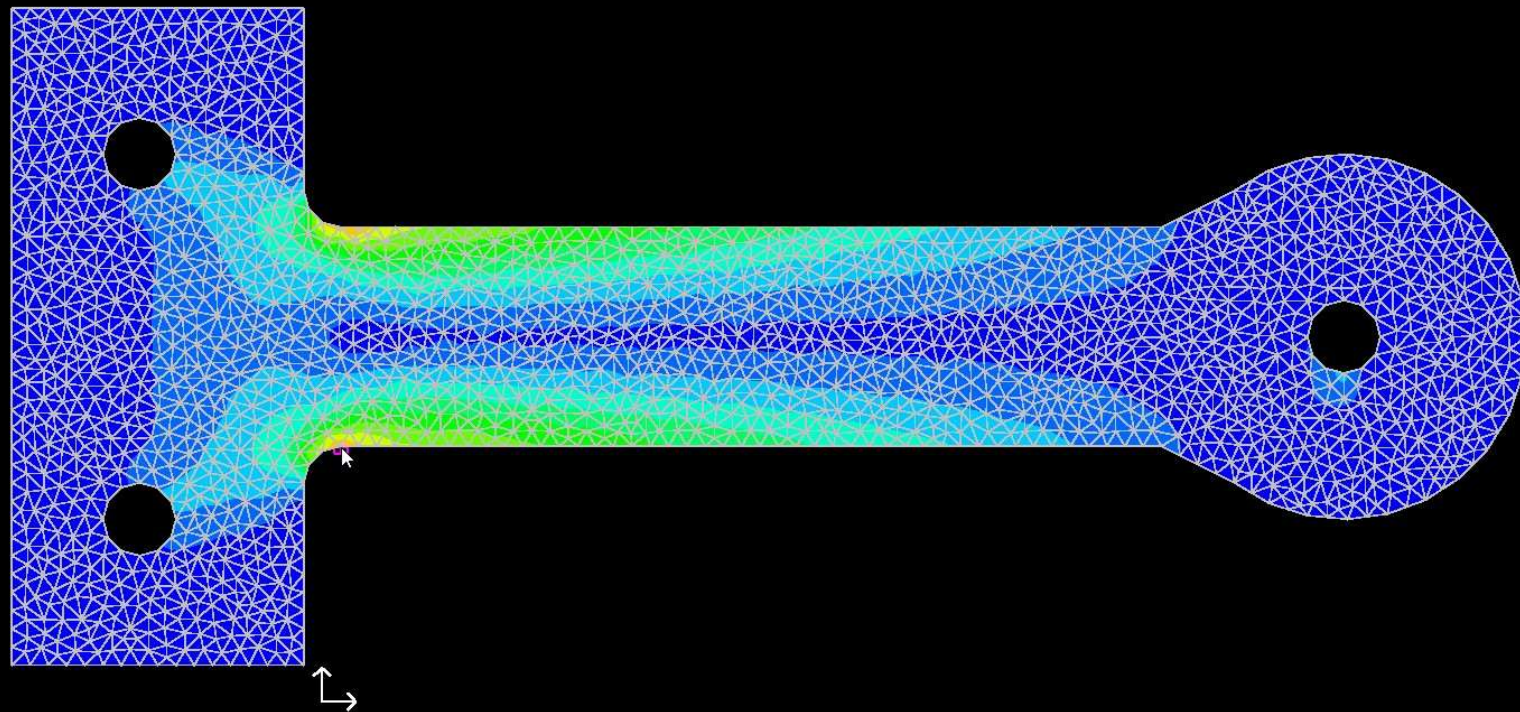
Tensões Sxx

Visualization



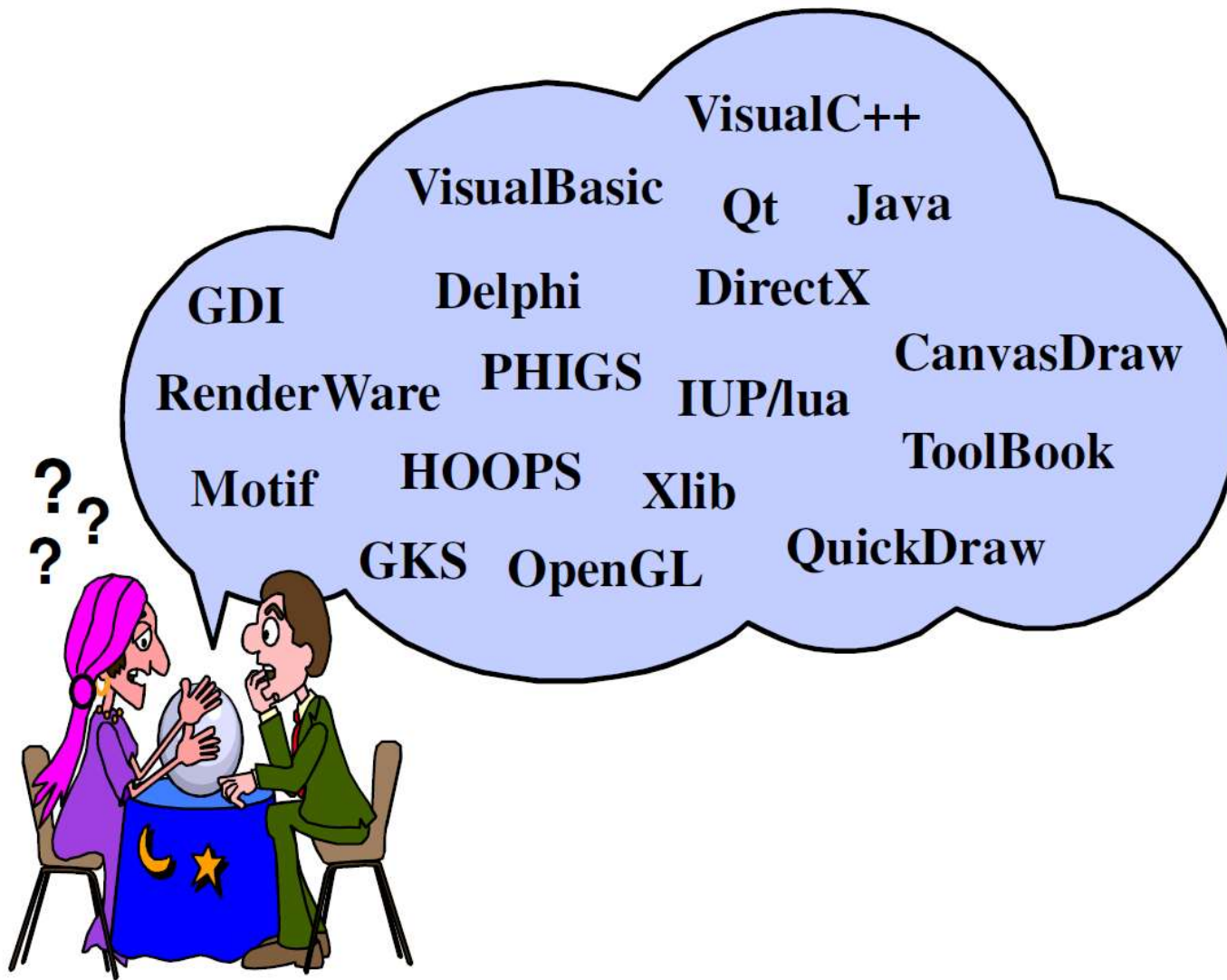
Tensões de Von Mises

ME Visualization



Como desenvolver em Computação Gráfica?

IDEs, Compiladores, Bibliotecas e
Ferramentas



Ambiente de Desenvolvimento



Ambiente de Desenvolvimento



**Python is powerful... and fast;
plays well with others;
runs everywhere;
is friendly & easy to learn;
is Open.**

These are some of the reasons people who use Python
would rather not use anything else.



**Python is a programming language that lets you
work more quickly and integrate your systems
more effectively.**

You can learn to use Python and see almost immediate
gains in productivity and lower maintenance costs.

Ambiente de Desenvolvimento



Visual Studio Code



Ambiente de Desenvolvimento



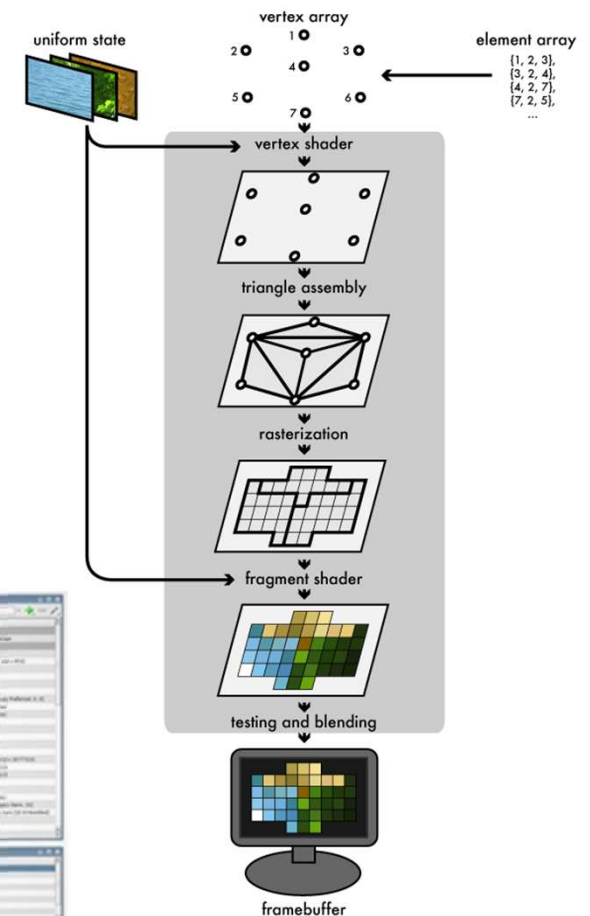
Visual Studio Code



Ambiente de Desenvolvimento



Visual Studio Code



Bibliotecas Gráficas

Sistemas operacionais e interface com usuário:

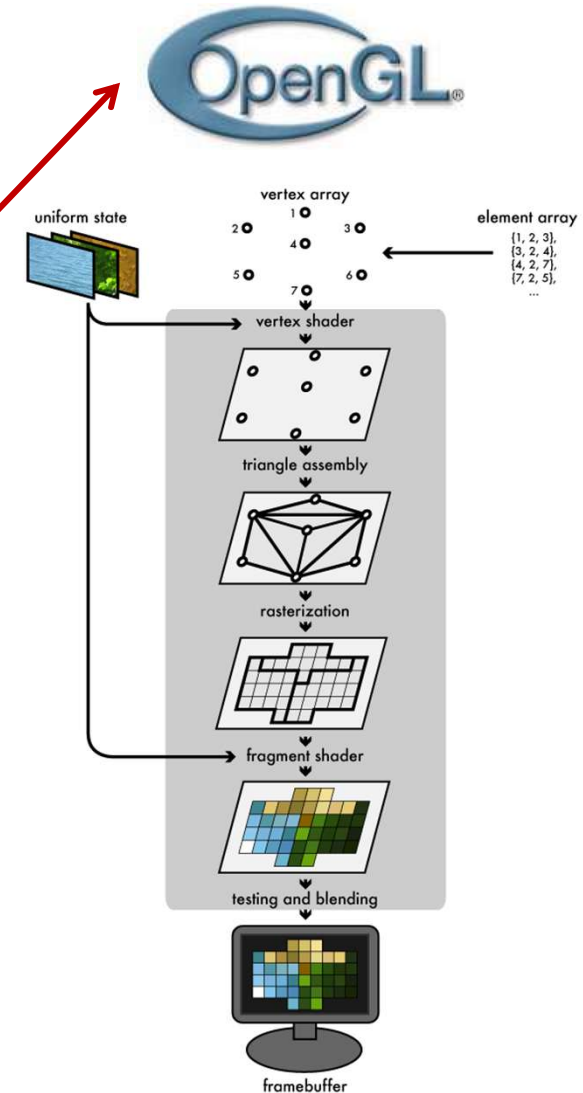
1984-Macintosh
1987-XWindow v.11
1988-Motif
1990-Windows 3.0
1993-Visual Basic v.3
1995-Delphi
1995-Windows 95
1996-Java
1999-Windows NT

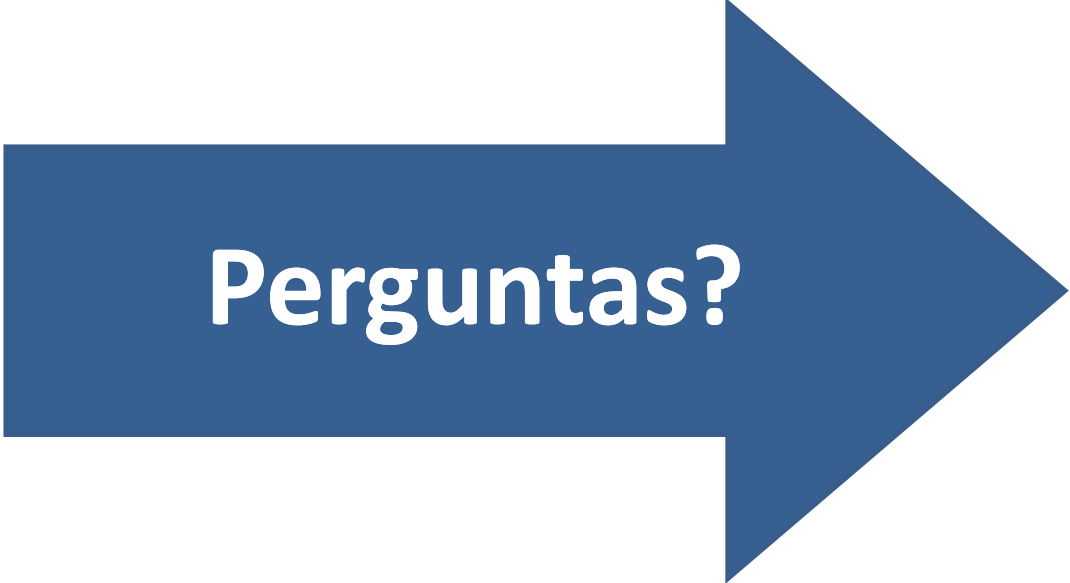
...
2008-Qt



Gráficas:

1978-core
1985-GKS
1988-PHIGS
1990-PEX
1991-GL
1993-OpenGL
1996-Direct 3D





Perguntas?