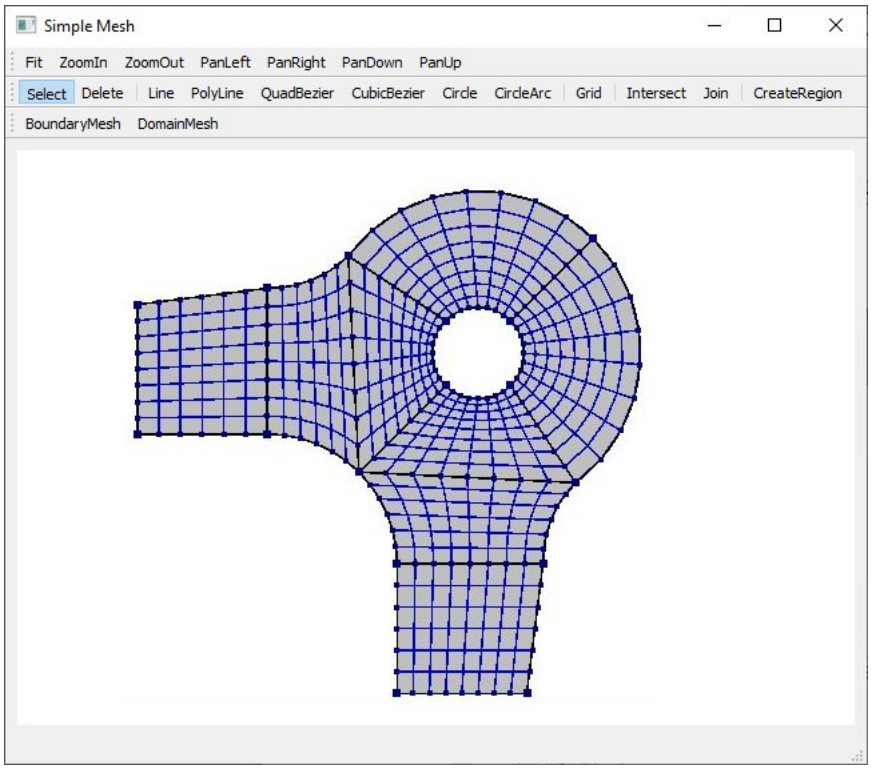
**CIV 2802 – Sistemas Gráficos para Engenharia – 2025.1**

**5º Trabalho: Programa gráfico interativo com Qt e OpenGL para geração de malhas por mapeamento em regiões**

***Implementação de algoritmos de geração de malha por mapeamento transfinito discreto***




Complemente o programa gráfico fornecido na *homepage* da disciplina:
https://www.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/compgraf-251 (procure quinto trabalho).
Este programa utiliza sistema de interface Qt e o sistema gráfico OpenGL.
O programa fornecido trata de dois tipos de curva: segmento de linha reta e linha poligonal
Deve-se adicionar ao programa as curvas que foram implementadas no terceiro trabalho.
Também devem ser completados no código os procedimentos feitos no quarto trabalho para interseção de dois segmentos e para verificação de inclusão de ponto em polígono.
O entendimento do código do programa é parte do trabalho.

**Solicitado**

1. Completar as linhas de código no arquivo **`glcanvas.py`** que estão indicadas pelos comentários
   **`# **** COMPLETE HERE: GLCANVAS_XX ****.`**
   Essas linhas de código podem ser obtidas das soluções do segundo trabalho e do terceiro trabalho.

2. Implementação das mesmas curvas do terceiro trabalho.

3. Completar as linhas de código no arquivo **`compgeom.py`** que estão indicadas pelos comentários
   **`# **** COMPLETE HERE: COMPGEOM_XX ****.`**
   Essas linhas de código foram implementadas no quarto trabalho para interseção de dois segmentos e para verificação de inclusão de ponto em polígono.

4. Os algoritmos de geração de malha dos que estão nos arquivos **`transfinbilinear.py`** e **`transfintrilinear.py`** devem ser complementados onde está indicado pelos comentários:
   **`# **** COMPLETE HERE: TRANSFINBILINEAR_XX ****.`**
   **`# **** COMPLETE HERE: TRANSFINTRILINEAR_XX ****.`**
   sendo:
   **`transfinbilinear.py`**: geração de malha em região usando o algoritmo de mapeamento transfinito discreto bilinear.
   **`transfintrilinear.py`**: geração de malha em região usando o algoritmo de mapeamento transfinito discreto trilinear.
   Esses algoritmos estão descritos nas folhas anexas.
   As malhas são retornadas pelos métodos de geração de cada classe em duas listas:
   **`pts`**: lista de pontos do tipo **`Pnt2D;`**
   **`conn`**: lista de listas de connectividade dos elementos da malha com índices para a lista de pontos.

5. Obrigatoriamente devem ser criados ícones (imagens) para os botões da interface gráfica.

6. Enviar via e-mail em um arquivo **`.zip`** com os arquivos **`myapp.ui`**, **`myapp.py`**, todos os arquivos **`*.py`**, que correspondem à solução do trabalho, e uma pasta **`icons`** com os arquivos de imagens dos ícones criados para as ações de interface.

7. Gerar uma malha semelhante à apresentada na figura na primeira página e mostrar uma imagem da tela do programa com essa malha.

**Algoritmo de geração de malha em região por triangulação de Delaunay com restrições**

A geração de malha pelo método de triangulação Delaunay com restrições usa o algoritmo Triangle de Jonathan Richard Shewchuk – "A Two-Dimensional Quality Mesh Generator and Delaunay Triangulator" (http://www.cs.cmu.edu/~quake/triangle.html). Direitos autorais: Jonathan Richard Shewchuk (http://people.eecs.berkeley.edu/~jrs/).

Triangle é implementado em C, e a versão adotada usa um *wrapper* Python (https://rufat.be/triangle) em torno da implementação C desenvolvido pelo The Block Research Group (BRG) no Institute of Technology in Architecture at ETH Zürich (https://block.arch.ethz.ch/brg/about).

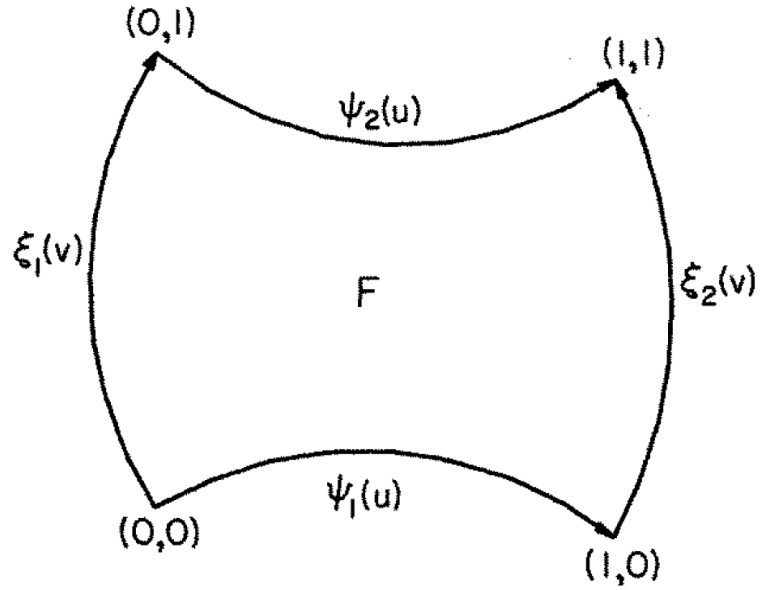
O uso do Triangle é limitado a uma região com apenas um loop externo (sem furos).

Triangle gera triangulações de Delaunay restritas à lista fornecida de pontos de loop. No entanto, para tornar o uso de Triangle mais robusto, o único parâmetro especificado é uma restrição de área máxima do triângulo, calculada como a área de um triângulo equilátero cujo lado é igual ao tamanho máximo do segmento do loop de entrada. Como este é o único parâmetro especificado o algoritmo Triangle, no caso de regiões côncavas, gera triângulos fora do loop dado e dentro de seu fecho convexo. Portanto, esses triângulos externos e os pontos de seus vértices são excluídos na etapa de pós-processamento.

Além disso, Triangle pode gerar novos pontos de triangulação no loop externo. Nenhuma correção é feita para isso.

Instalação: **`pip install triangle`**

**Algoritmo de geração de malha em região por mapeamento transfinito discreto bilinear**



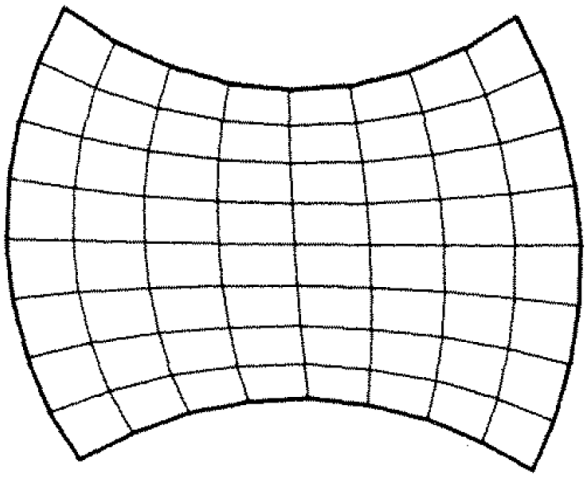

**Bilinear projector: co-ordinate system and boundary curves**

$$(\mathscr{P}_1 \oplus \mathscr{P}_2)[F] \equiv \mathscr{P}_1[F] + \mathscr{P}_2[F] - \mathscr{P}_1\mathscr{P}_2[F]$$

$$= P_B(u, v)$$

$$= (1-v)\psi_1(u) + v\psi_2(u) + (1-u)\xi_1(v) + u\xi_2(v)$$
$$-(1-u)(1-v)F(0,0) - u(1-v)F(0,1)$$
$$-uvF(1,1) - (1-u)vF(1,0) \qquad 0 \leqslant u \leqslant 1, 0 \leqslant v \leqslant 1$$

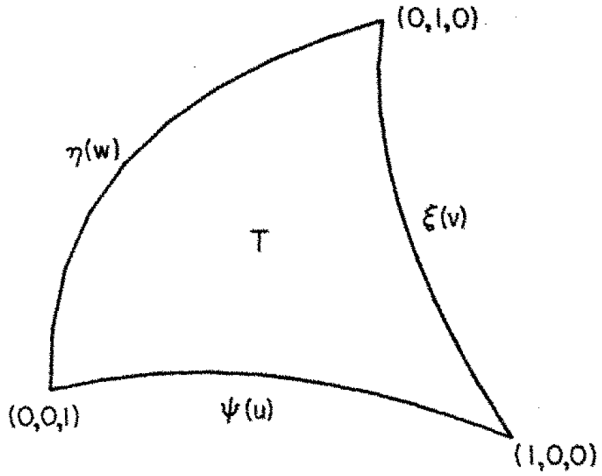
$$\{\xi_1(v_i), \xi_2(v_i)\} i = 1, n, \qquad \{\psi_1(u_j), \psi_2(u_j)\} j = 1, m$$



$\mathscr{P}_1 \oplus \mathscr{P}_2$

**Bilinear projector: $\mathscr{P}_1 \oplus \mathscr{P}_2$**

**Algoritmo de geração de malha em região por mapeamento transfinito discreto trilinear**




Trilinear projector: co-ordinate system and boundary curves

$$\mathcal{N}_1 \equiv N_1(u, v, w) = \left(\frac{u}{1-v}\right)\xi(v) + \left(\frac{w}{1-v}\right)\eta(1-v)$$

$$\mathcal{N}_2 \equiv N_2(u, v, w) = \left(\frac{v}{1-w}\right)\eta(w) + \left(\frac{u}{1-w}\right)\psi(1-w)$$

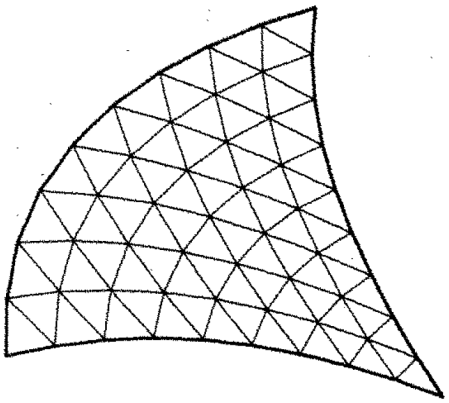
$$\mathcal{N}_3 \equiv N_3(u, v, w) = \left(\frac{w}{1-u}\right)\psi(u) + \left(\frac{v}{1-u}\right)\xi(1-u)$$

$$0 \leqslant u \leqslant 1, \quad 0 \leqslant v \leqslant 1, \quad 0 \leqslant w \leqslant 1, \quad u + v + w = 1$$

$$\mathcal{Q} \equiv Q(u, v, w) = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{u}{1-v}\right)\xi(v) + \left(\frac{w}{1-v}\right)\eta(1-v) + \left(\frac{v}{1-w}\right)\eta(w) + \left(\frac{u}{1-w}\right)\psi(1-w)\right.$$

$$\left. + \left(\frac{w}{1-u}\right)\psi(u) + \left(\frac{v}{1-u}\right)\xi(1-u) - w\psi(0) - u\xi(0) - v\eta(0)\right]$$

$$\{\psi(u_i), \xi(v_i), \eta(w_i); i = 1, n\}$$



Q [T]

Trilinear projector: $\mathcal{Q}$