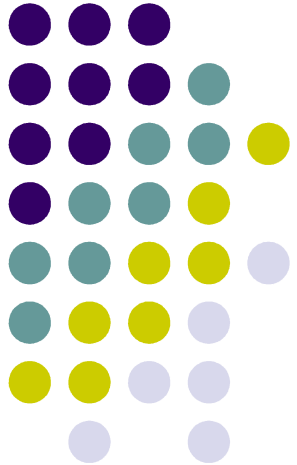
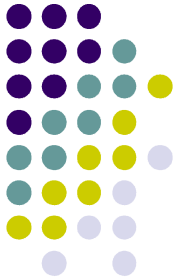
RAY TRACING



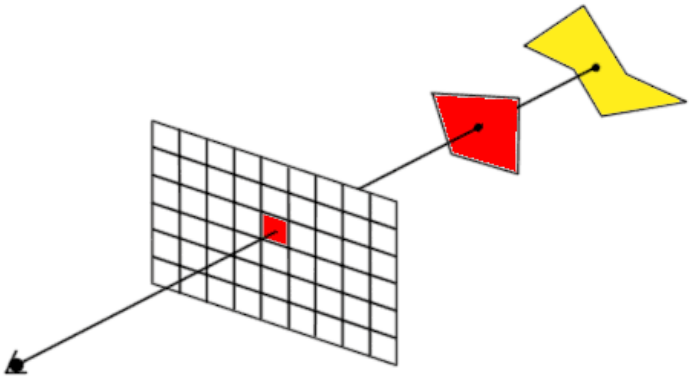
Ray Casting

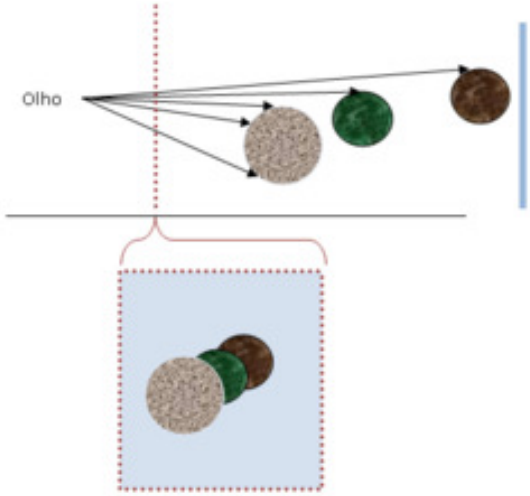


- Desenvolvido por Arthur Appel em 1968.
- Utilizado para determinar a visibilidade de superfícies.

Ray Casting

- Escolhe-se um centro de projeção (olho do observador) e uma janela num plano de visualização.
- A janela é divida em grid, correspondentes aos pixels numa resolução desejada.
- Traçam-se raios imaginários partindo do olho do observador, através do centro de cada pixel, em direção aos objetos da cena.
- A cor do pixel é determinada pelo objeto que estiver mais próximo.



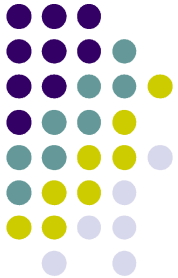


Ray Casting

Algoritmo

PULAR

Ray Casting



selecione centro de projeção e janela no plano de visualização;
  para *cada linha na imagem* **faça**
    para *cada pixel na linha* **faça**
    começo
      determine o raio do centro de projeção através do pixel;
      para *cada objeto na cena* **faça**
        se *objeto é interceptado e é mais próximo até agora* **então**
          grave interseção e nome do objeto;
      set cor do pixel com a do objeto mais próximo
    fim;

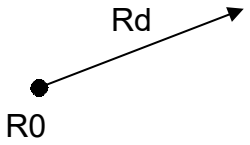
Ray Casting

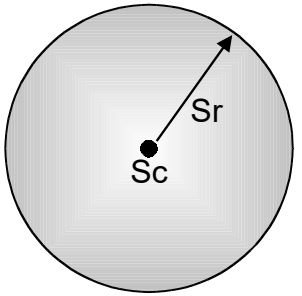
- Cálculo interseção
  - É o componente principal do ray casting.
  - Necessário para determinar quando um objeto foi interceptado por um raio.
  - Existem soluções que determinam a interseção para cada tipo de objeto:
    - Raio/esfera
    - Raio/plano
    - Raio/box
    - Raio/quádrica (elipsóides, parabolóides, cones, cilindros, hiperbolóides)
    - Etc...

Ray Casting

- Raio/esfera:
  - Um raio é definido como:
    - $R_{origem} = R_0 = [\ X_0\ Y_0\ Z_0\ ]$
    - $R_{direção} = R_d = [\ X_d\ Y_d\ Z_d\ ]$

    onde $X_d^2 + Y_d^2 + Z_d^2 = 1$
    - $R(t) = R_0 + R_d * t$, para $t > 0$.





  - Uma esfera é definida como:
    - Centro da esfera = $S_c = [\ X_c\ Y_c\ Z_c\ ]$
    - Raio da esfera = Sr
    - Superfície da esfera é o conjunto de pontos $[\ X_s\ Y_s\ Z_s\ ]$

    onde $(\ X_s - X_c\ )^2 + (\ Y_s - Y_c\ )^2 + (\ Z_s + Z_c\ )^2 = S_r^2$

Ray Casting

- Substitua a equação do raio na equação da reta:
  - Expressar a equação do raio para [X Y Z] em termos de t:

    $X = X_0 + X_d * t$

    $Y = Y_0 + Y_d * t$

    $Z = Z_0 + Z_d * t$
  - Substituindo nas variáveis [X_s Y_s Z_s] da esfera:

    $(X_0 + X_d * t - X_c)^2 +$

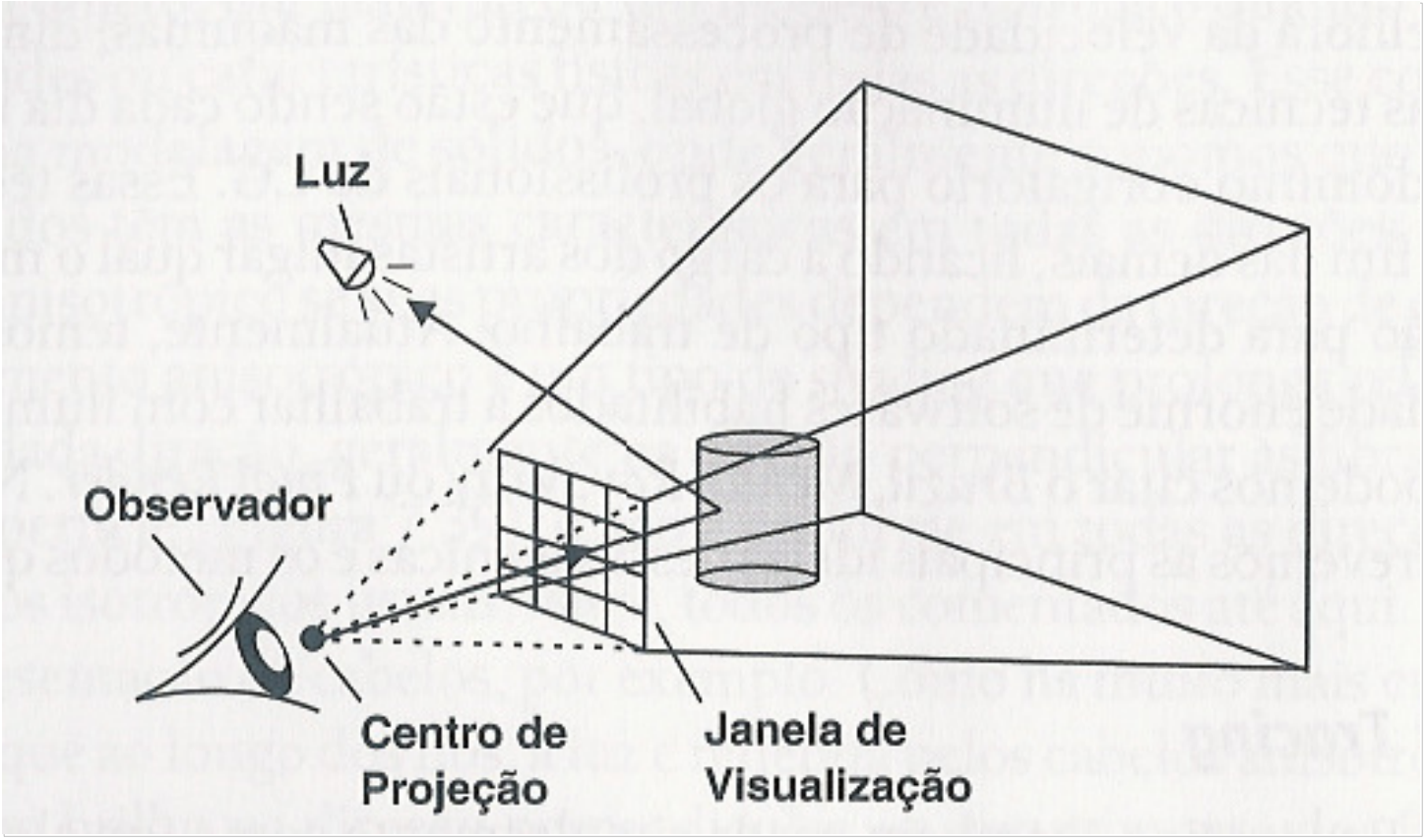
    $(Y_0 + Y_d * t - Y_c)^2 +$

    $(Z_0 + Z_d * t - Z_c)^2 = S_r^2$

Ray Tracing

- Desenvolvido por Douglas Scott Kay (1979) e Turner Whitted (1980).
- Estende o algorítimo básico de ray casting para lidar com sombras, reflexão e refração.

Ray Tracing

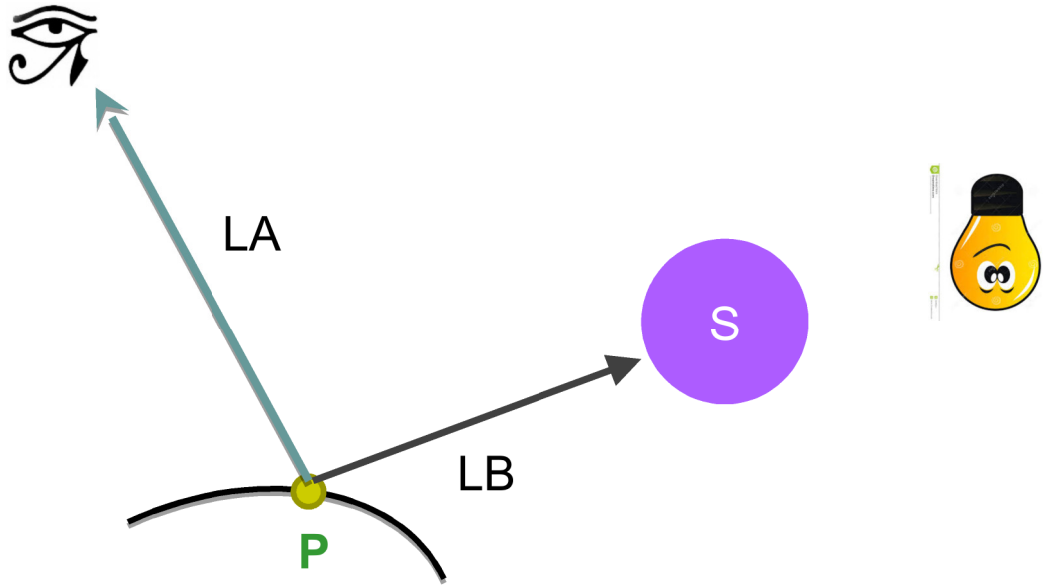


Ray Tracing

- Sombras
  - No modelo de Appel (1968) já era possível determinar áreas de sombras com ray-casting.
  - É traçado um raio, chamado raio de sombra, do ponto de interseção para cada fonte de luz. Se o raio interseccionar qualquer objeto no caminho, então o objeto está na sombra e o algorítimo ignora a contribuição em relação a esta fonte de luz.

Ray Tracing

- Sombra

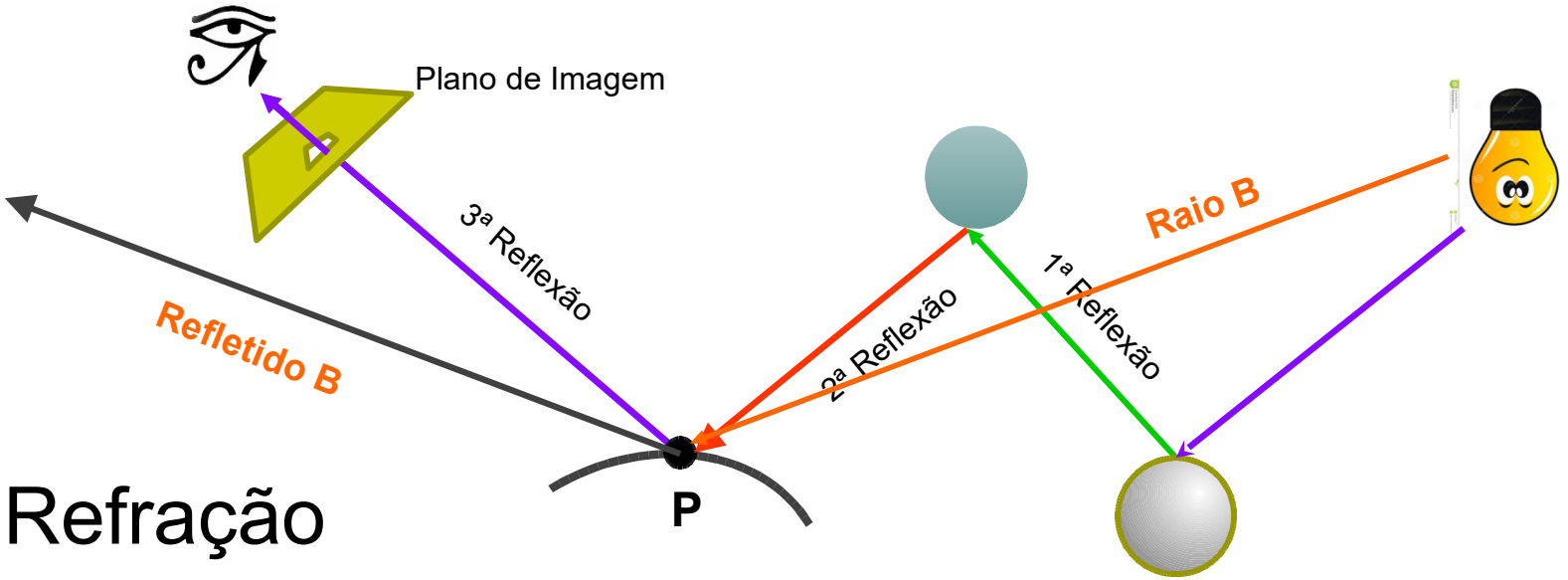


Ray Tracing

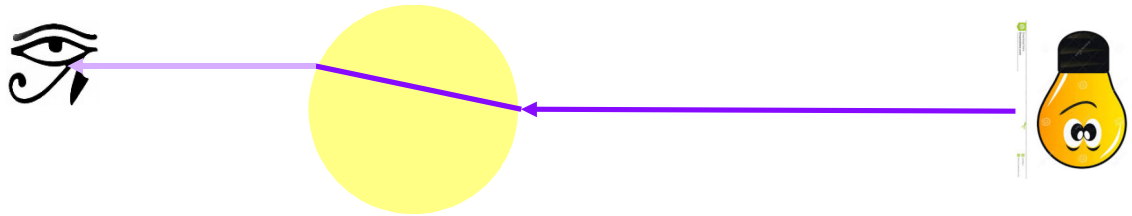
- Reflexão e Refração
  - Whitted e Kay propuseram um algorítimo recursivo para tratar de reflexão e refração.
  - Ao invés de procurar apenas por superfícies visíveis para cada pixel, o raio continua sua trajetória, coletando mais contribuições de intensidade luminosa.
  - Algorítimo básico realiza detecção de superfícies, sombras, transparência e iluminação de múltiplas fontes de luz.

Ray Tracing

- Reflexão



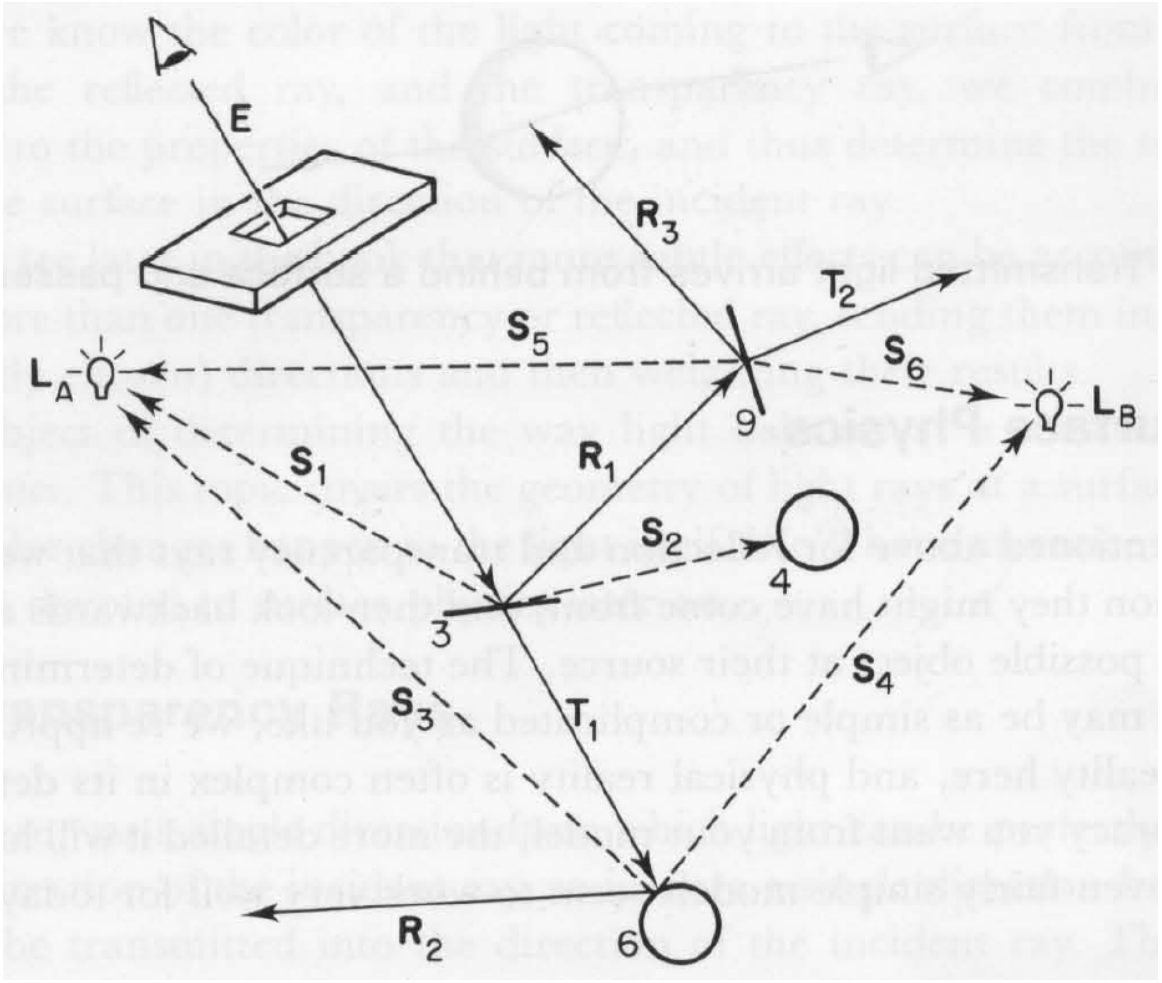
- Refração

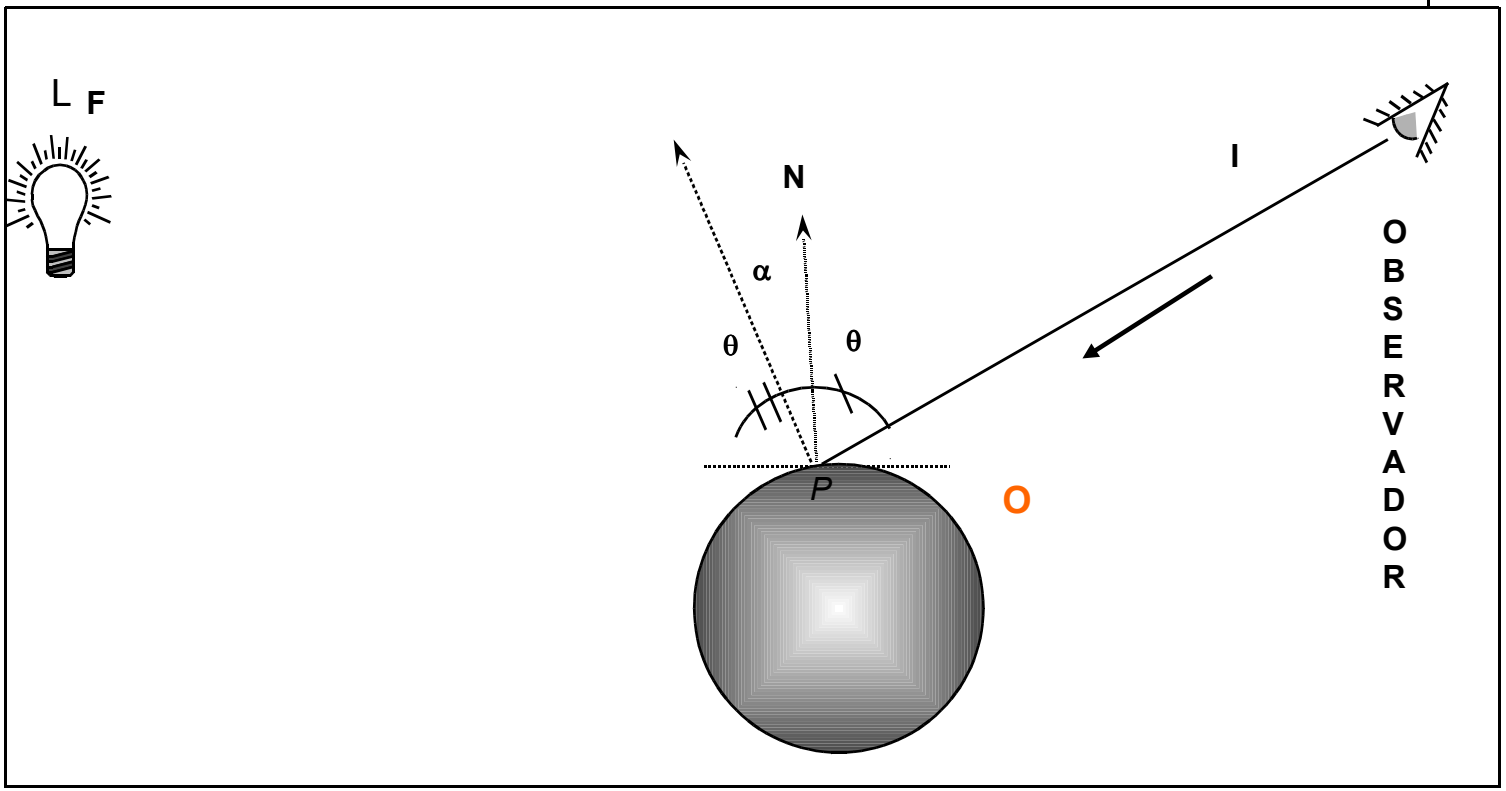


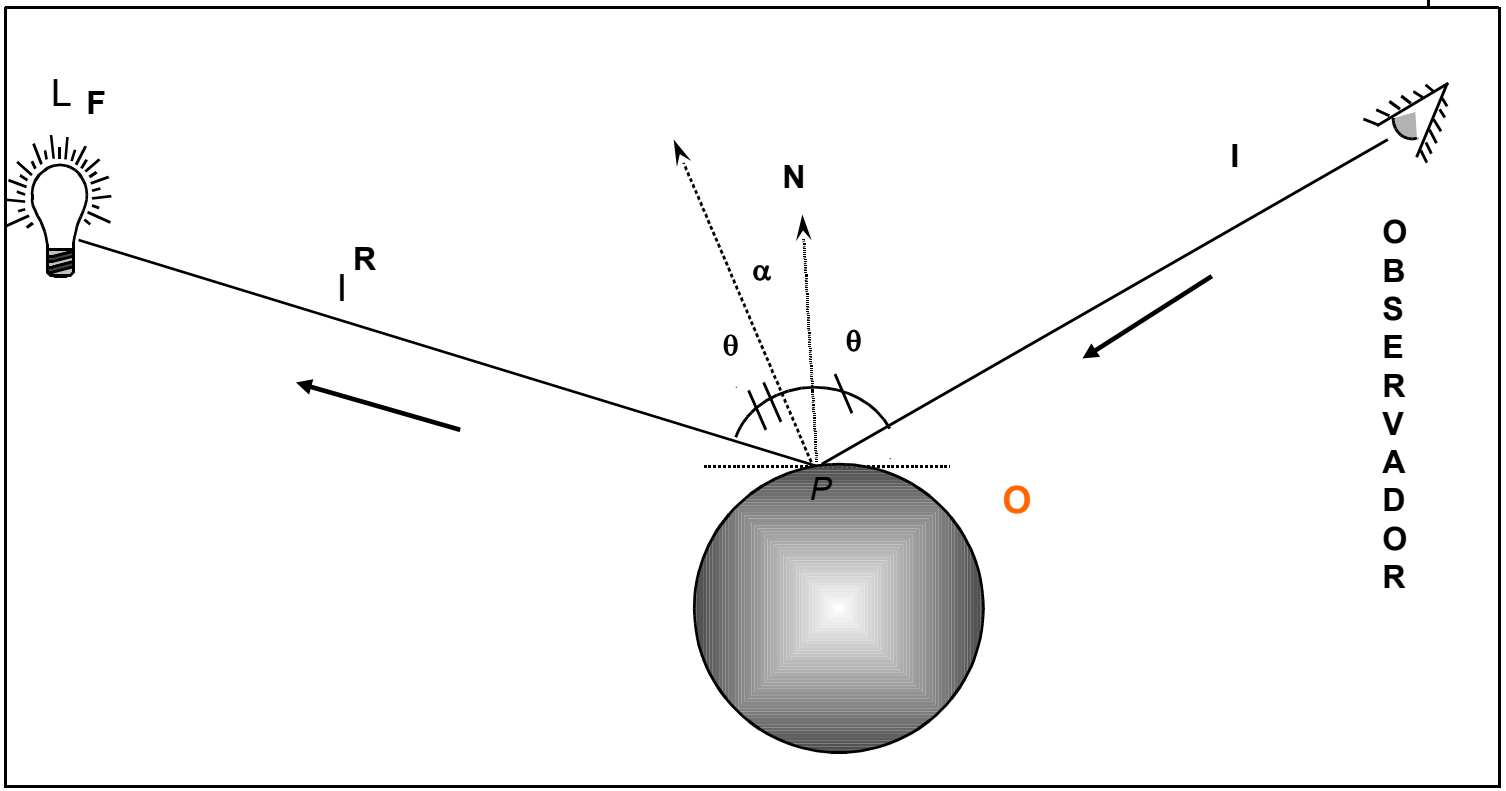
Ray Tracing

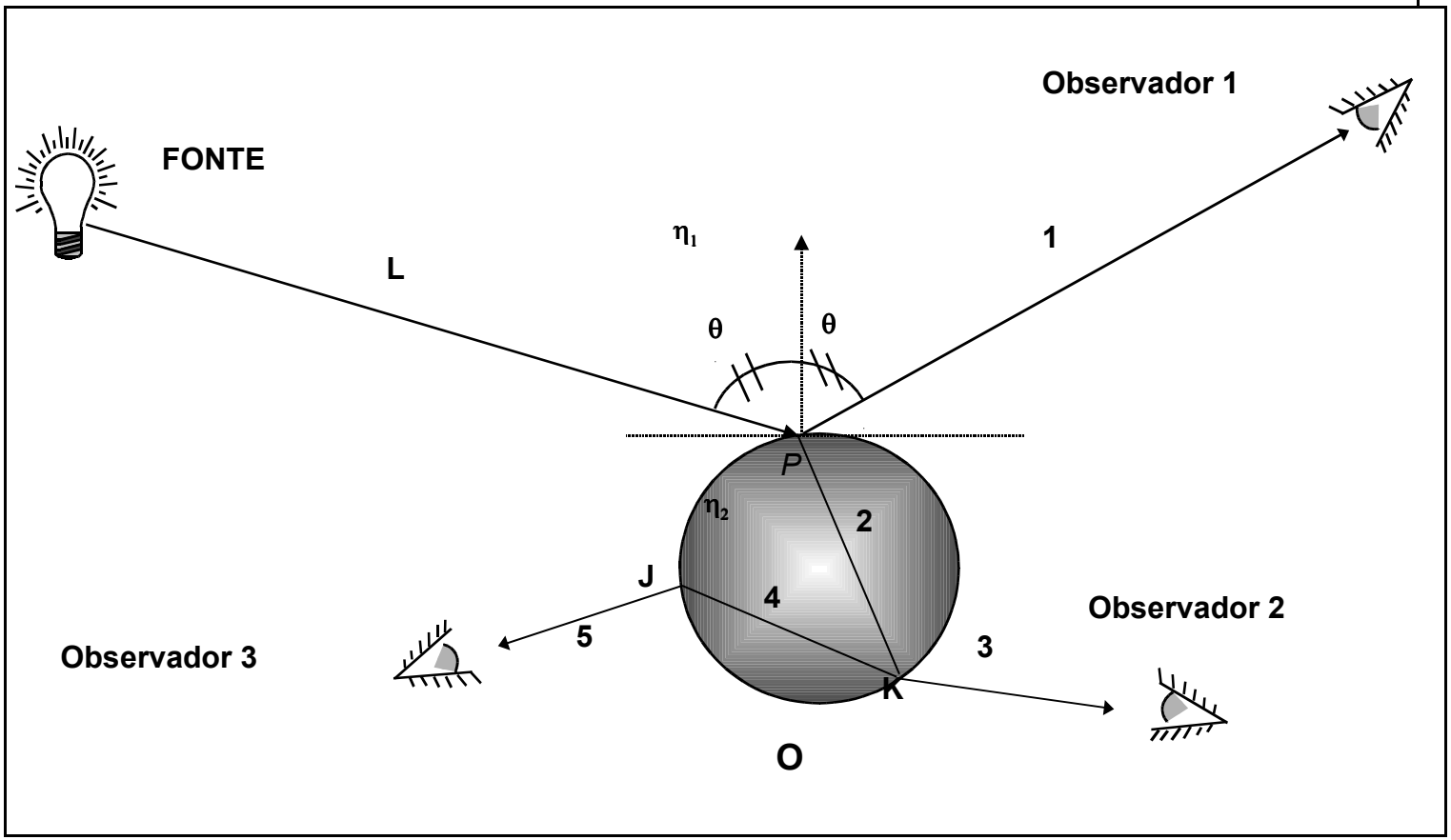
- Para cada pixel. É testado com um raio primário, se existe, a interseção com algum objeto na cena;
- Para cada ponto de interseção, pode-se gerar até três tipos de raios (raios secundários):
  - Raio de reflexão
  - Raio de refração
  - Raios de sombra
- Estes raios podem atingir ou não outras superfícies e gerar outros raios.
- O processo continua até que um dos eventos ocorra:
  - O raio não atinge nenhuma outra superfície
  - O raio atinge uma fonte de luz
  - O raio percorre um caminho muito longo

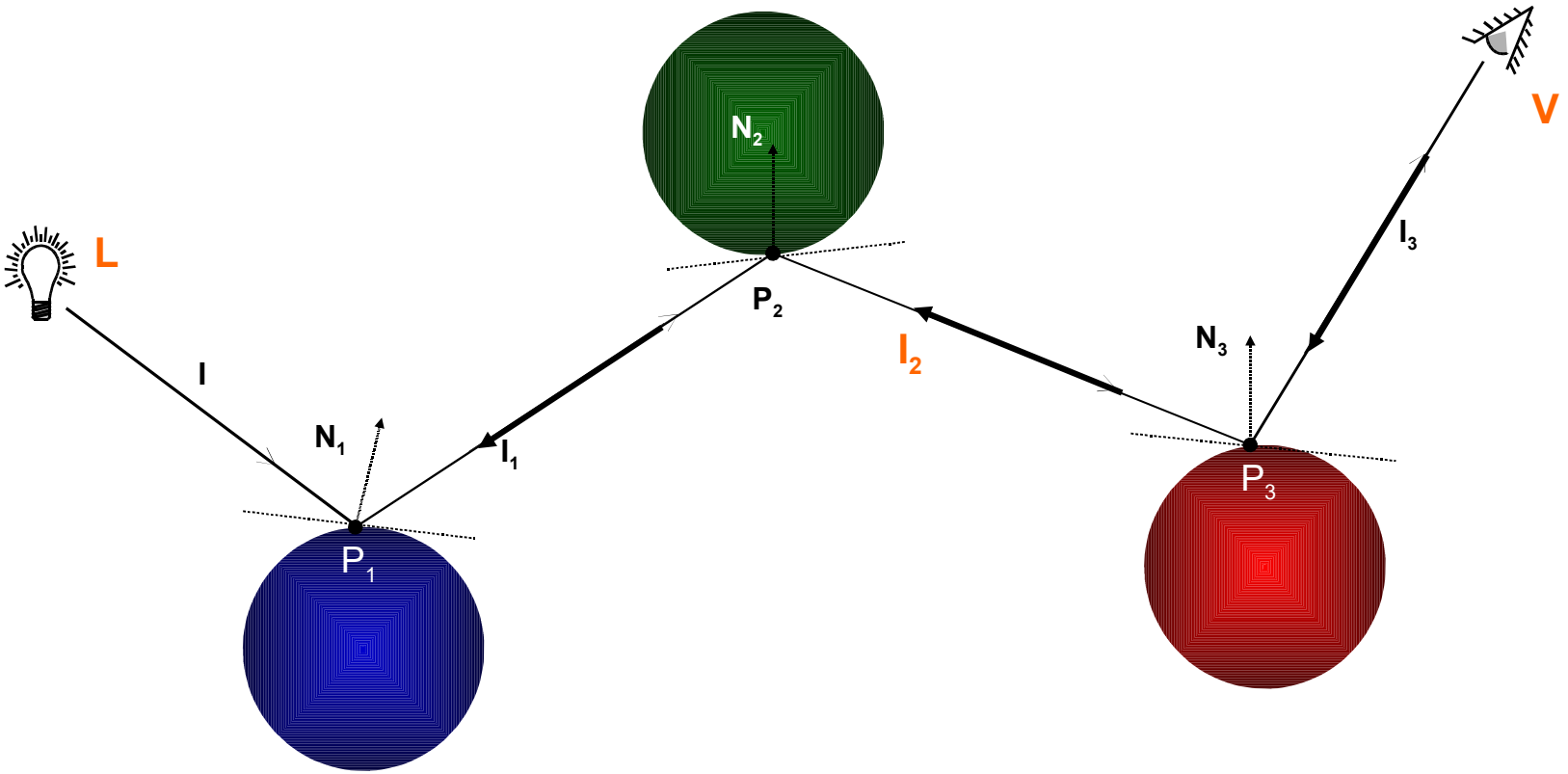
Ray Tracing

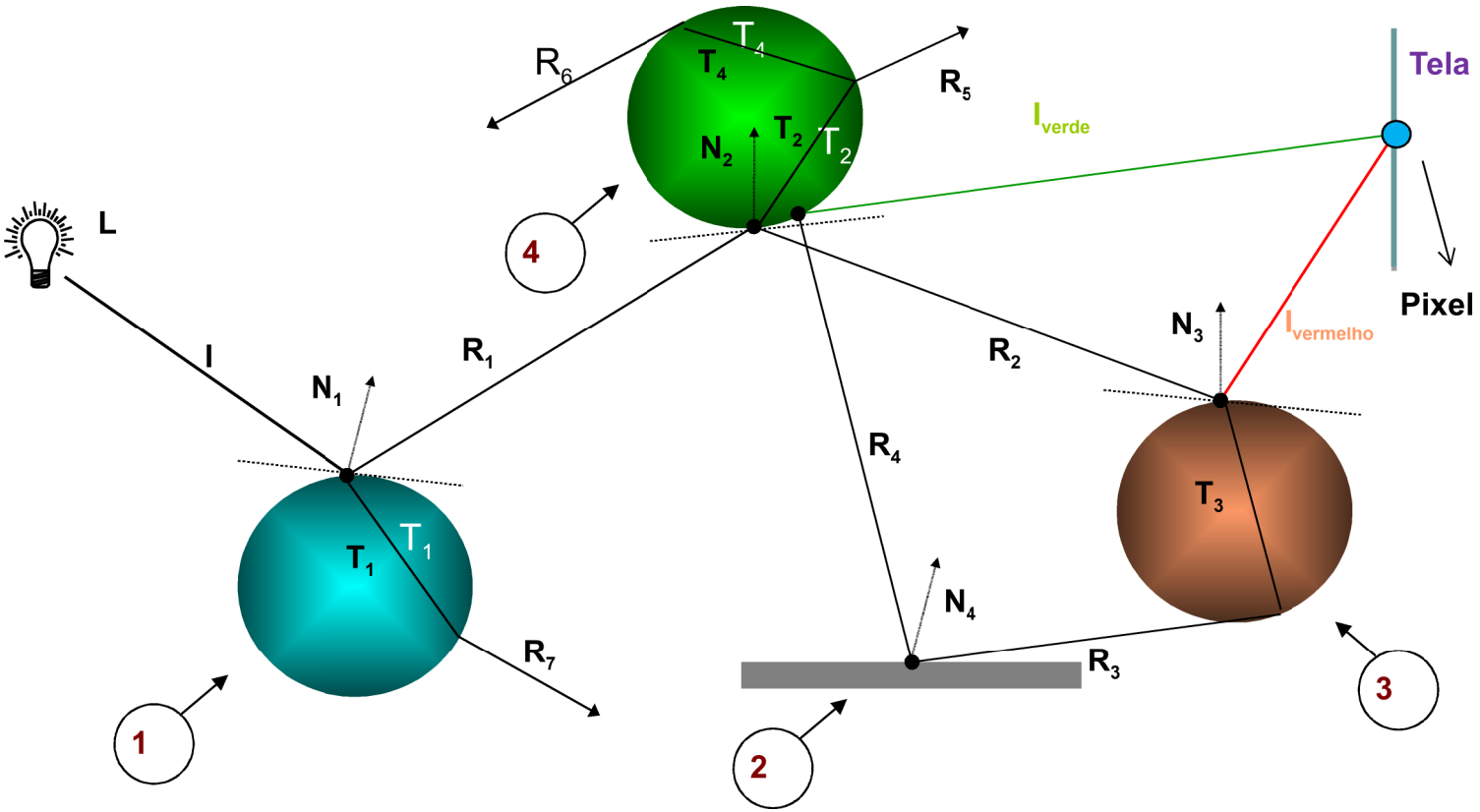



L F
N
α
θ
θ
I
P
O
OBSERVADOR


L F
N
α
θ
θ
R
I
I
O
P
O B S E R V A D O R

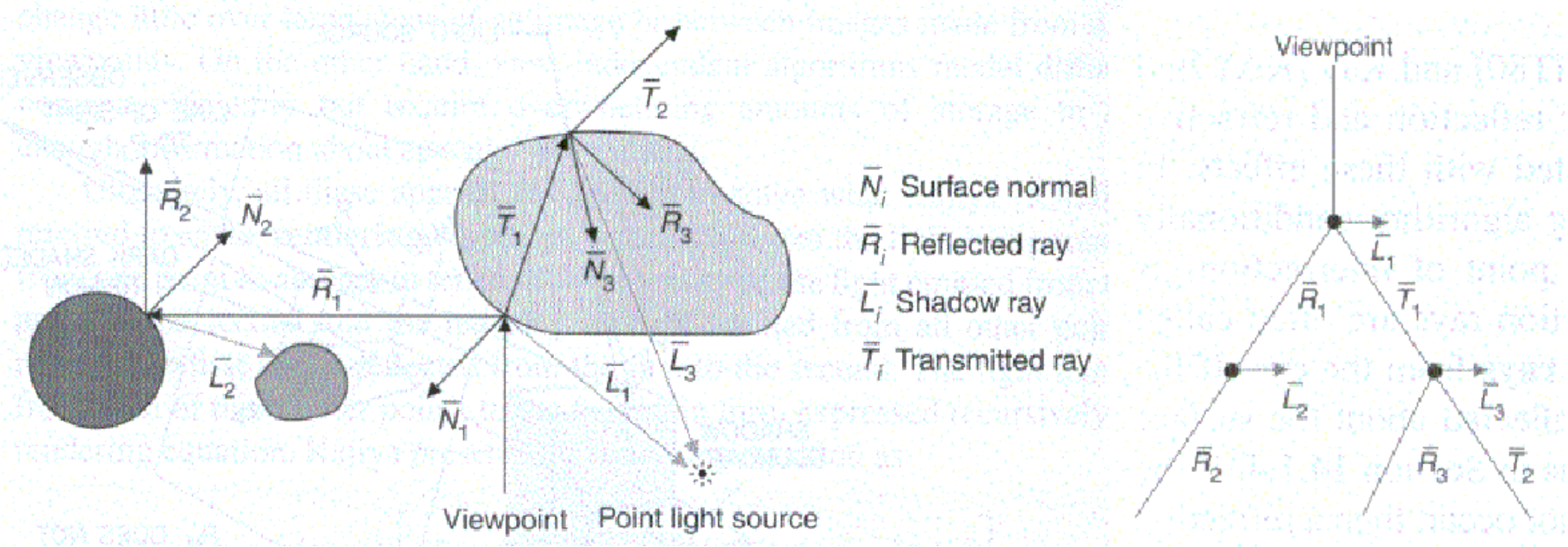

Observador 1
FONTE
L
η_1
1
θ
θ
P
η_2
2
J
4
Observador 2
Observador 3
5
3
K
O


L
I
N1
I1
P1
N2
P2
I2
N3
P3
I3
V

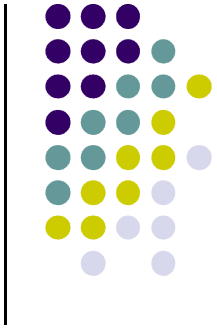

L
I
N1
R1
T1
T1
R7
1
R6
T4
T4
N2
T2
T2
R5
4
Iverde
Tela
Pixel
N3
Ivermelho
R2
R4
T3
N4
R3
2
3

Ray Tracing

- Cálculo de intensidade para o pixel

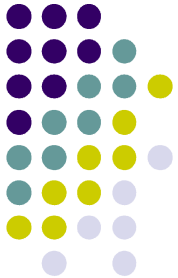


Ray Tracing



- Vantagens:
  - Produz imagens mais reais que outros métodos de renderização
  - Simples de implementar
  - Independência de cada raio permite que o processo seja feito em paralelo
- Desvantagens:
  - Performance
  - Não aproveita informação de um raio para outro

Ray Tracing distribuído



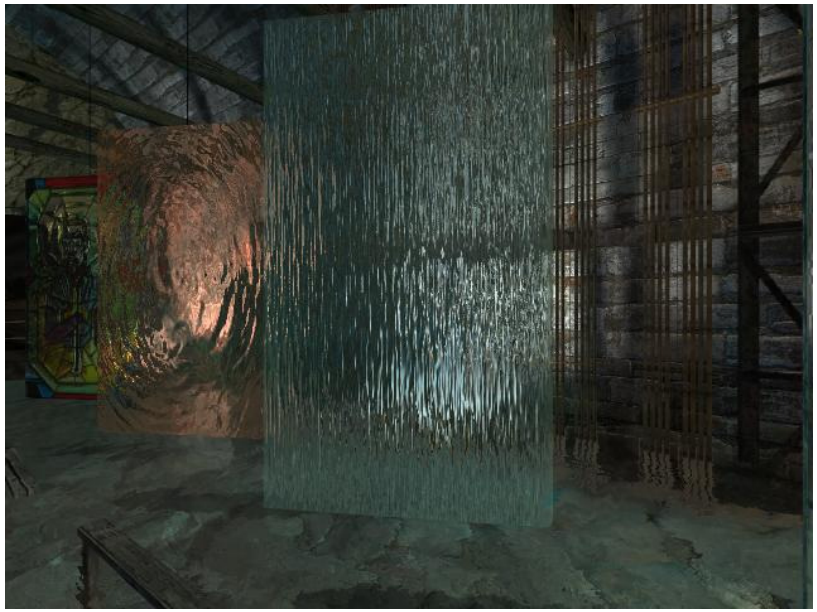
- Utiliza amostragem estocástica em outras dimensões para gerar efeitos
  - Gloss
  - Translucência
  - Penumbras
  - Depth of field
  - Motion Blur

Ray Tracing distribuído

- Gloss
  - Distribuição dos raios refletidos de acordo com a função de distribuição especular

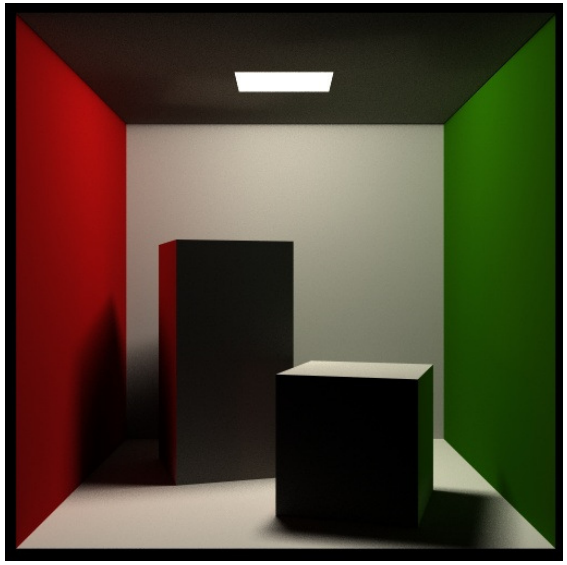
Ray Tracing distribuído

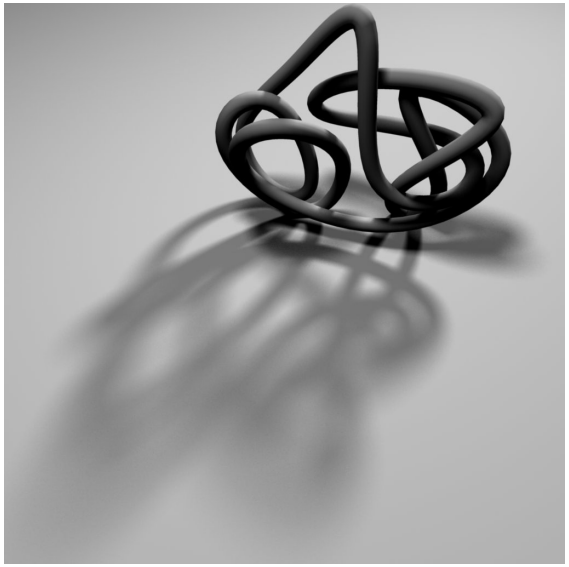
- Translucência
  - Distribuição dos raios transmitidos



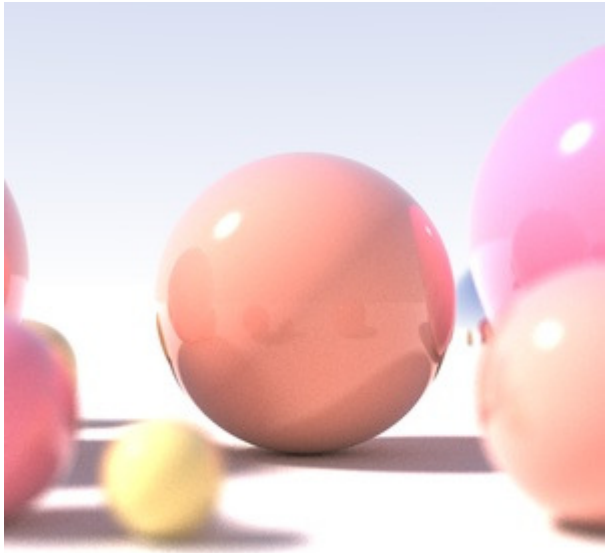
Ray Tracing distribuído

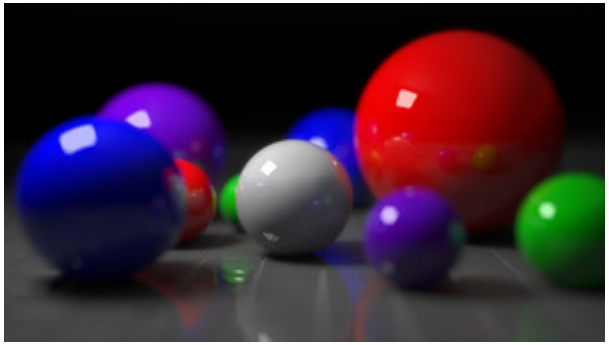
- Penumbras
  - Distribuição dos raios de sombra através do ângulo de cada fonte de luz

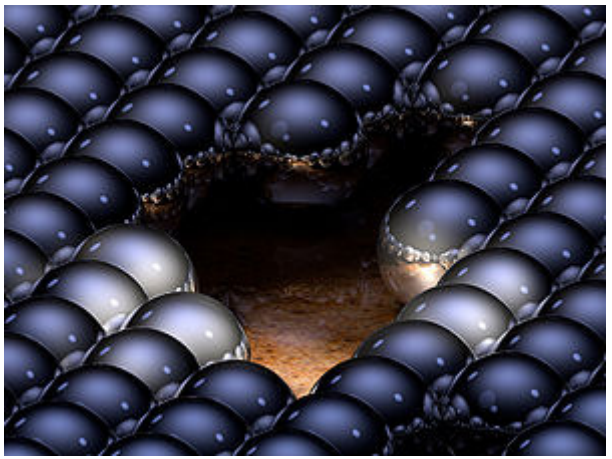




Ray Tracing



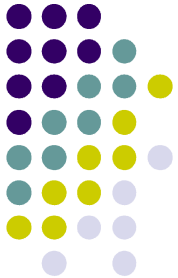




Otimizando Cálculos de Intersecção

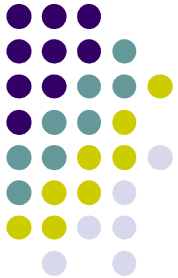
- Muitos termos das equações de intersecção raio-objeto são constantes ou para uma imagem ou para um raio.
- Um objeto que é relativamente custoso de ter a intersecção calculada pode ser substituído por uma **bounding box** cujo cálculo seja mais simples, como uma esfera, elipsóide, sólido retangular. O objeto não precisa ser testado se o raio não intersecciona o bounding box.

Hierarquias

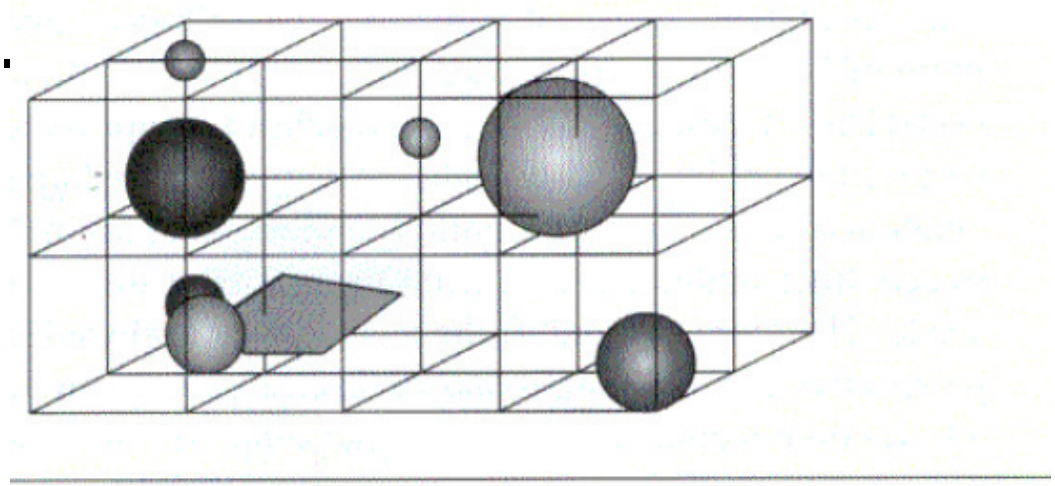


- Bounding volumes podem ser organizados em hierarquias com objetos como folhas e nós internos que envolvem seus filhos.
- O volume de um nó filho garantidamente não intersecciona o raio se o seu pai não intersecciona.

Spatial Partioning



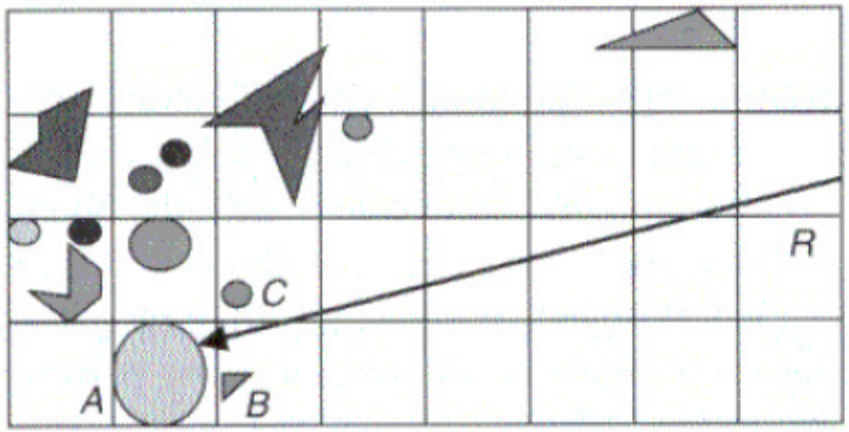
- Hierarquias bounding-volume organizam os objetos bottom-up.
- **Spatial partioning** organiza-os top-down. Primeiro, calcula-se o bounding box da cena. O bounding box é então subdividido em partições regulares.



The scene is partitioned into a regular grid of equal-sized volumes.

Spatial Partioning

- Cada partição é associada a uma lista de objetos que contém total ou parcialmente.
- Um raio precisa ter a intersecção testada apenas contra aqueles objetos contidos nas partições pelas quais o raio passa.



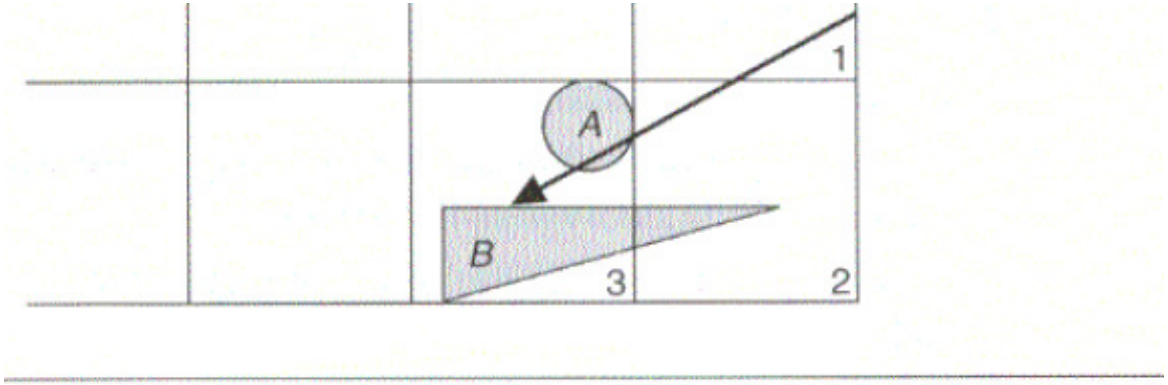
Spatial partitioning. Ray *R* needs to be intersected with only objects *A*, *B*, and *C*, since the other partitions through which it passes are empty.

Spatial Partioning

- As partições podem ser examinadas na ordem em que o raio passa por elas. Assim que ocorre intersecção, não é preciso mais testar as demais partições.
- É preciso testar todos os objetos da partição, para determinar qual é mais próximo.

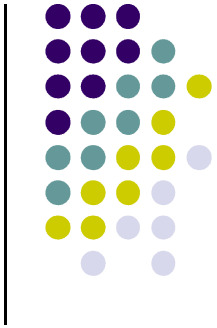
Spatial Partioning

- Se um raio intersecciona um objeto de uma partição é preciso verificar se a intersecção propriamente dita ocorre na partição em questão.



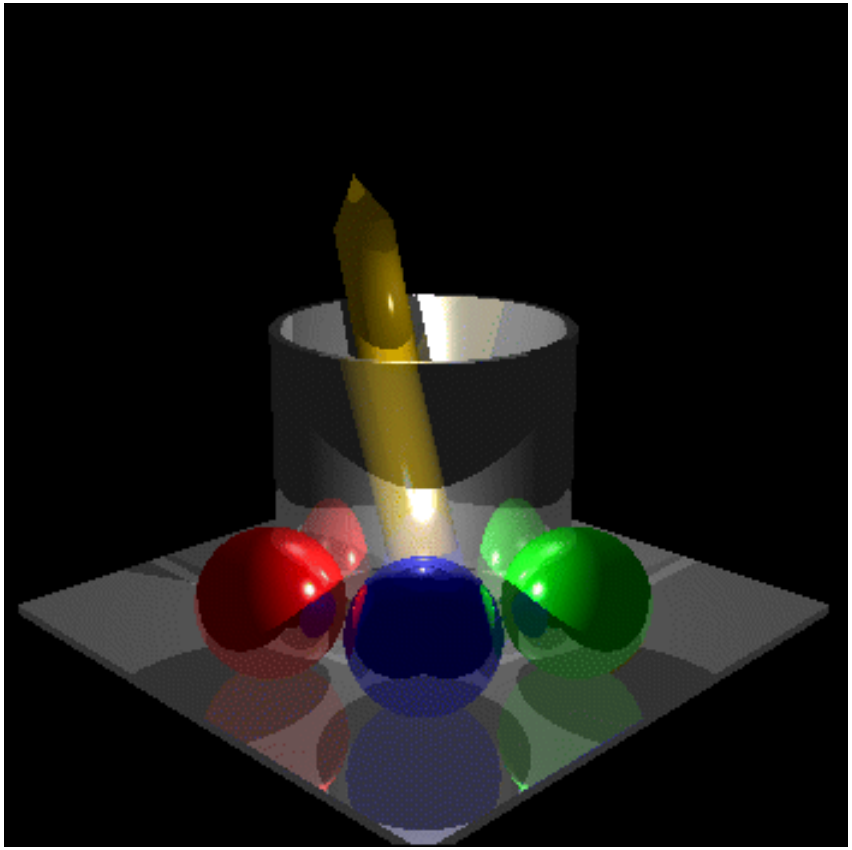
An object may be intersected in a different voxel than the current one.

Bibliografia



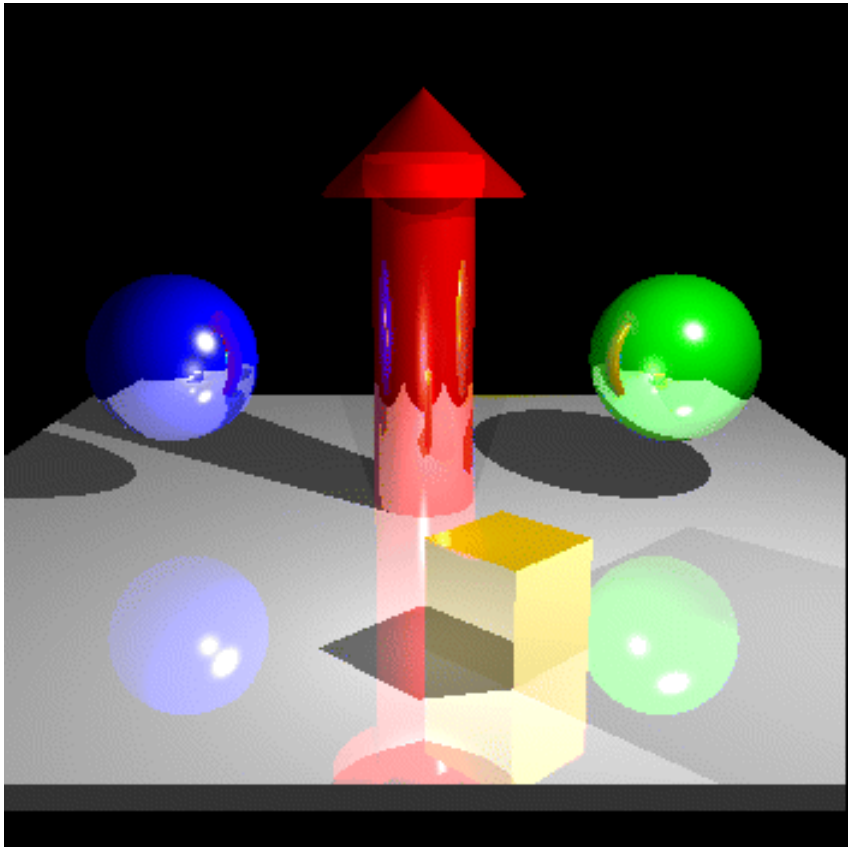
- Appel, A. (1968). Some techniques for shading machine rendering of solids, Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, 37-45.
- Azevedo, E. e Conci, A. (2003). Computação Gráfica Teoria e Prática, Editora Campus, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- Foley, J.D.,van Dam A.,Feiner S.K. e Hughes J.F. (1990). Computer Graphics: principles and practice, Addison Wesley Publishing Company, Second Edition, Reading, MA, Estados Unidos
- Glassner, A.S. (1989). An Introduction to Ray Tracing, Academic Press Limited, San Diego, CA, Estados Unidos
- Hearn D. e Baker M.P. (1996). Computer Graphics: C Version, Prentice Hall, Second Edition, Upper Saddle River, NJ, Estados Unidos
- Jensen H.W. (2001). A Practical Guide to Global Illumination using Photon Mapping, Course 38, SIGGRAPH 2001

Algumas visualizações da Aplicação do Ray-Tracing



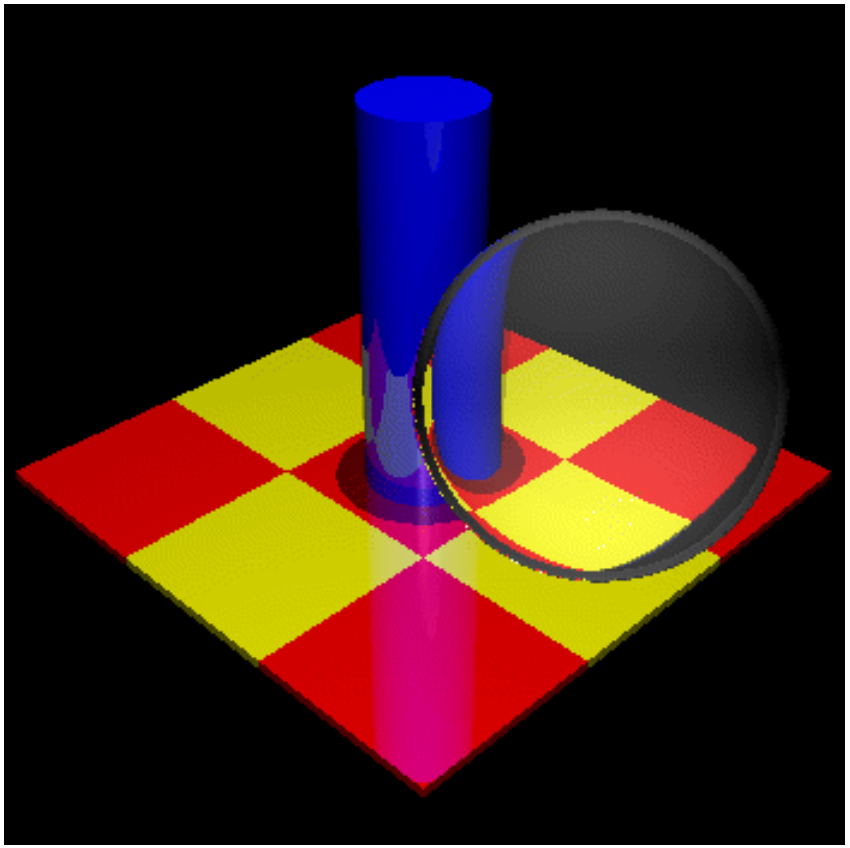
Sombra

Algumas visualizações da Aplicação do Ray-Tracing

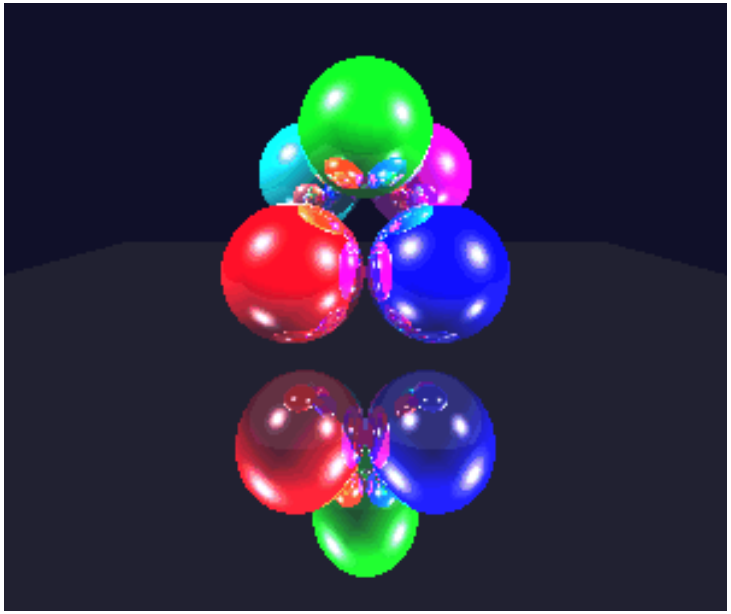


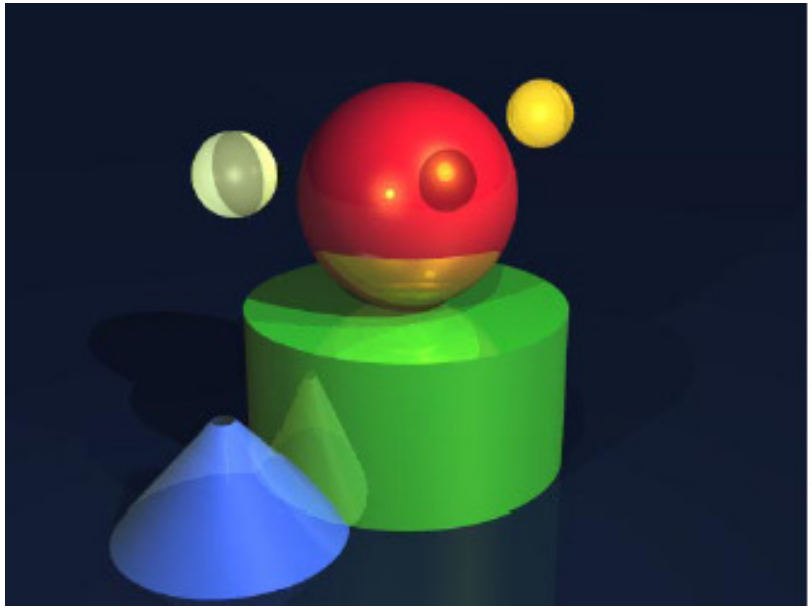
Reflexão

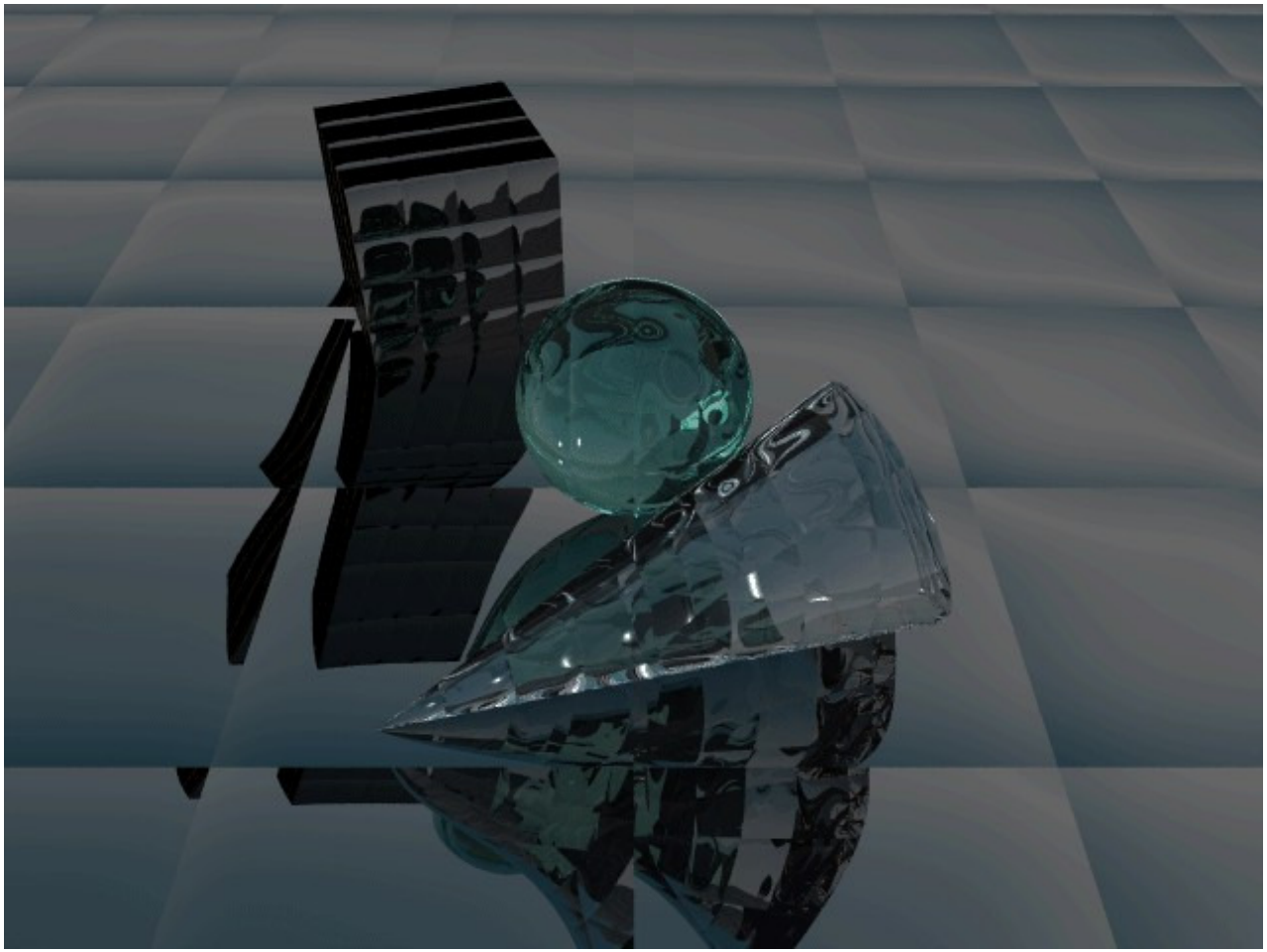
Algumas visualizações da Aplicação do Ray-Tracing

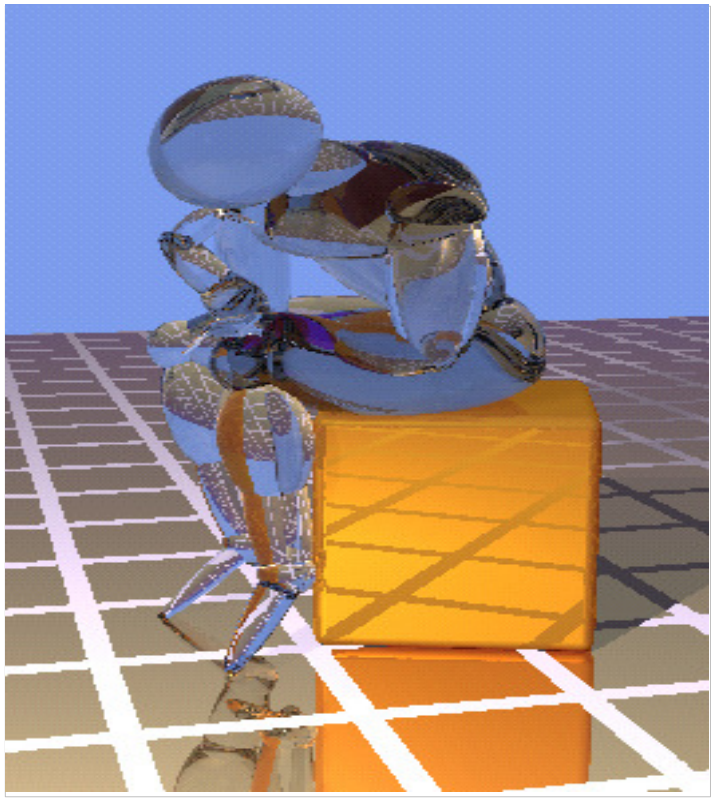


Transparência

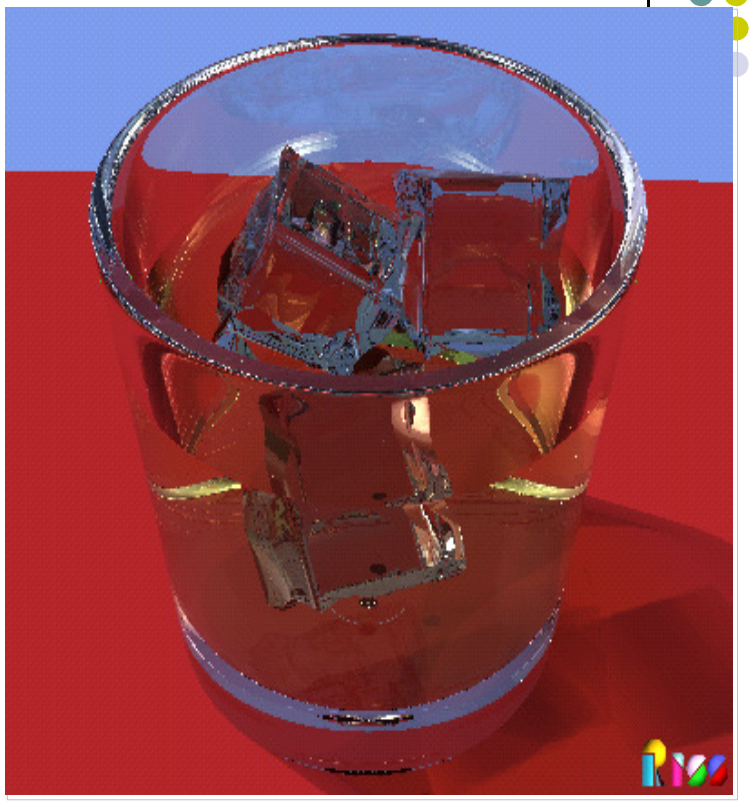








(a)



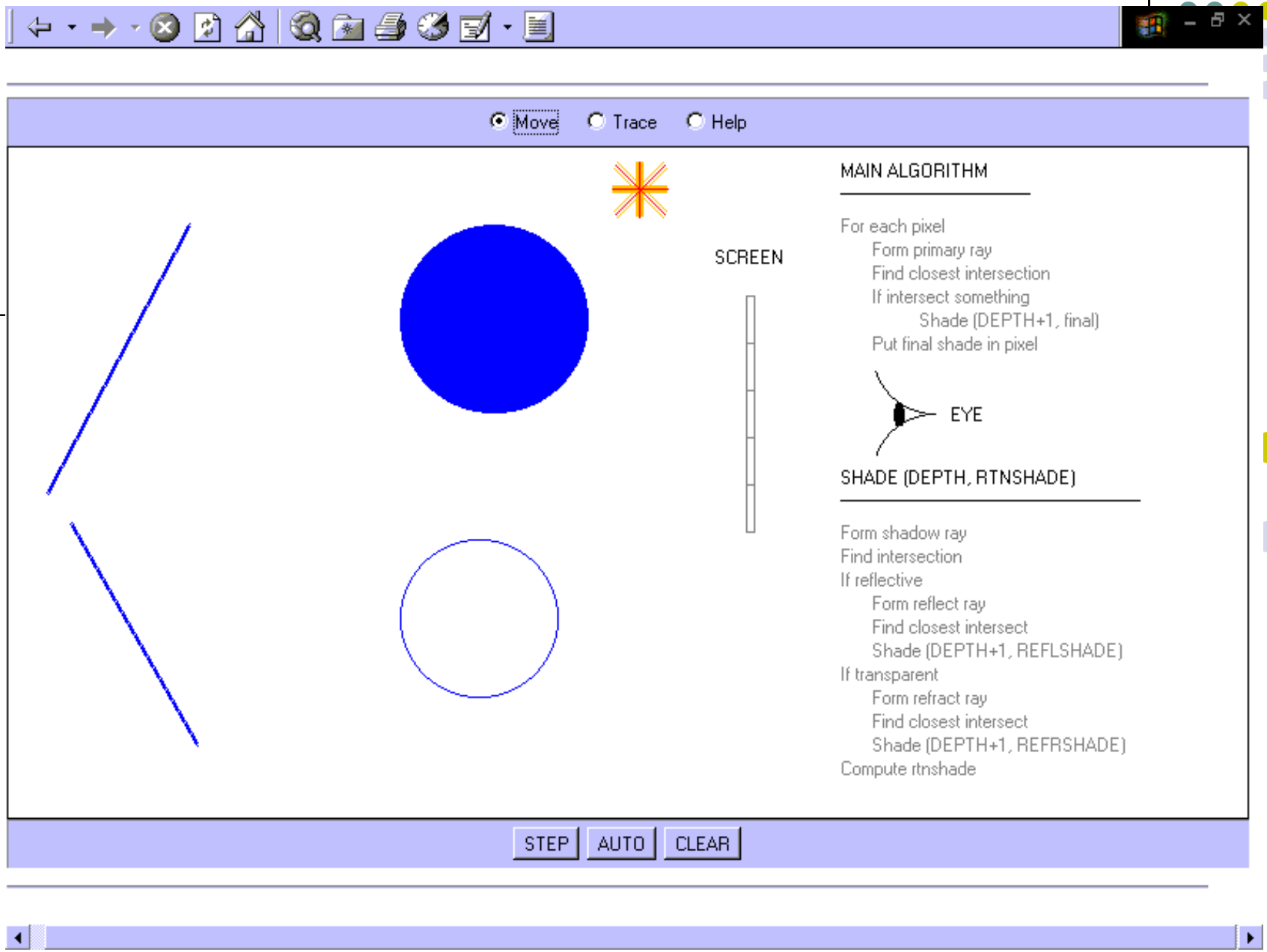
(b)

Exemplo

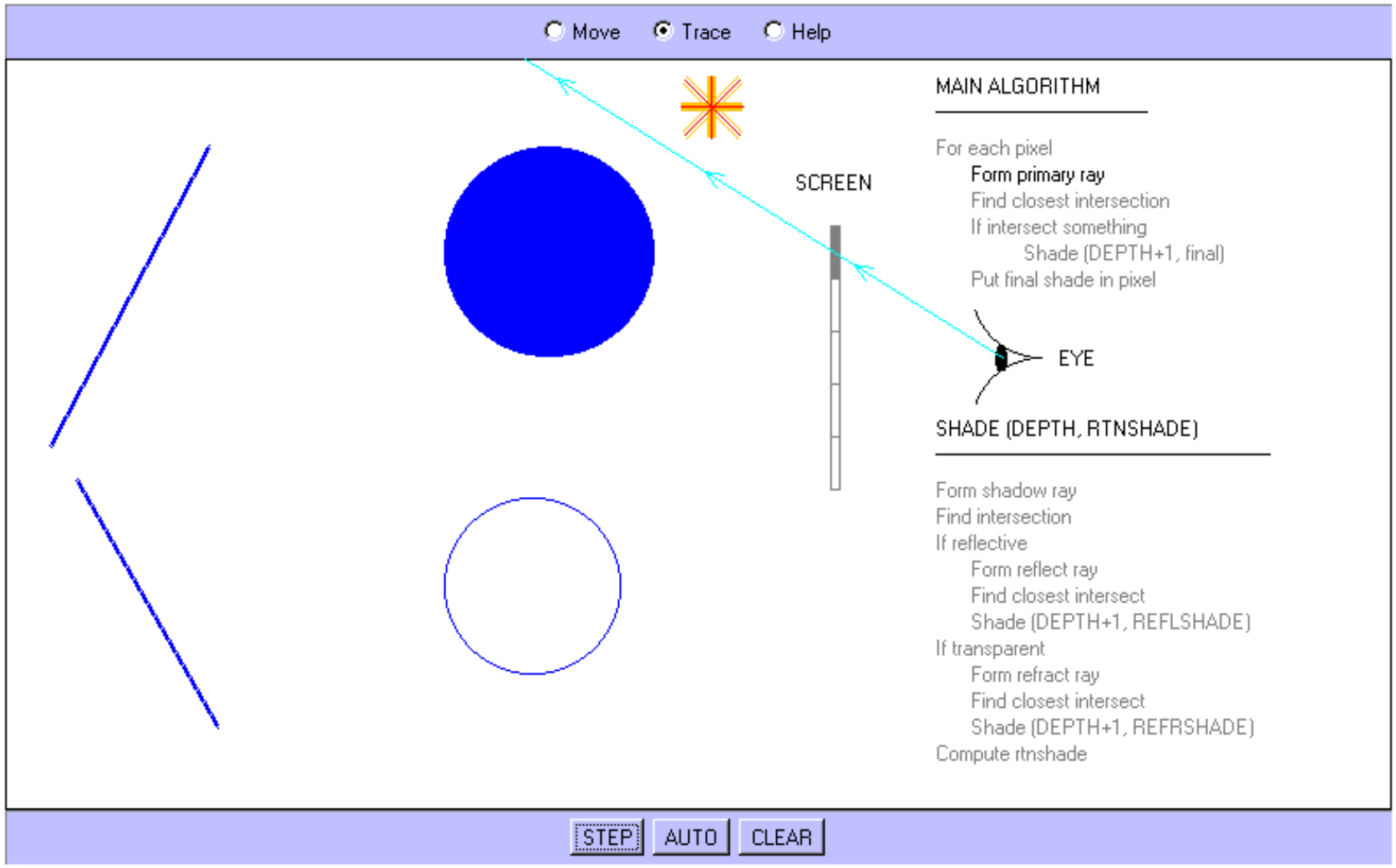
- Os Slides a seguir eu não sei a autoria, mas apresentam uma seqüência muito interessante sobre o processo do Ray Tracing. Vale a pena ver.
- Agradeço a quem desenvolveu, acho que foi Yan Liu.
  - Pellegrino

Demonstração

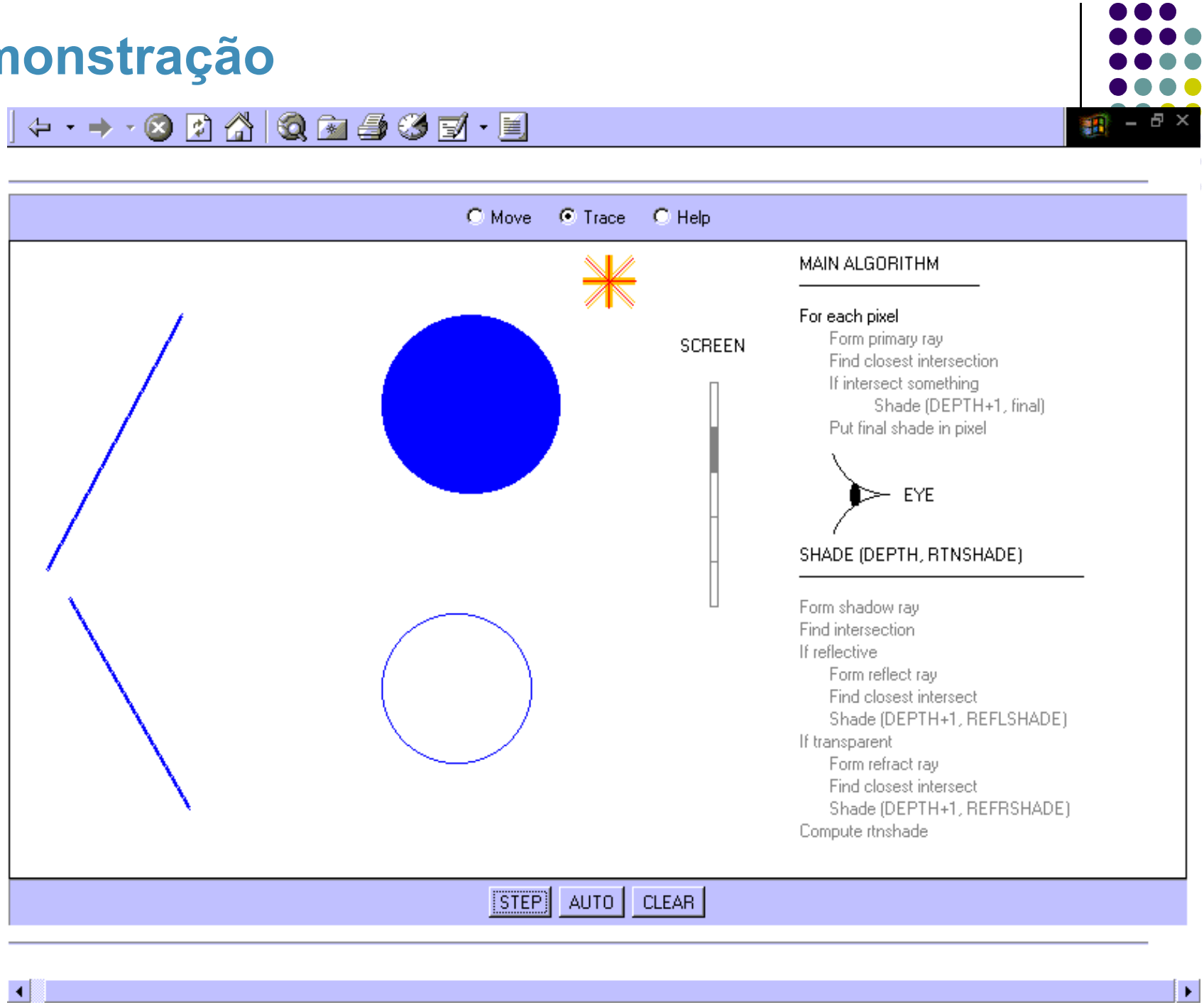
Demonstração



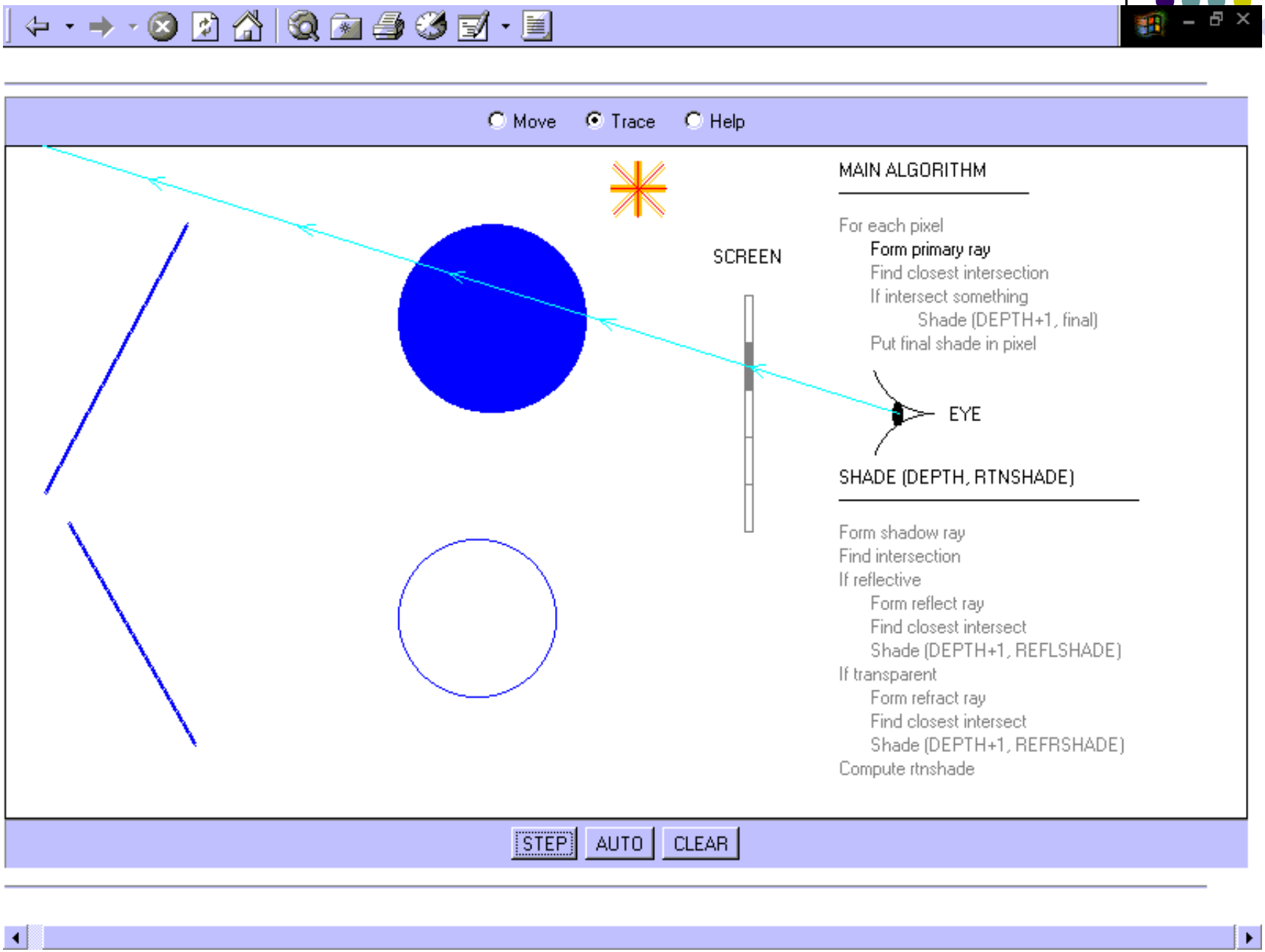
Demonstração



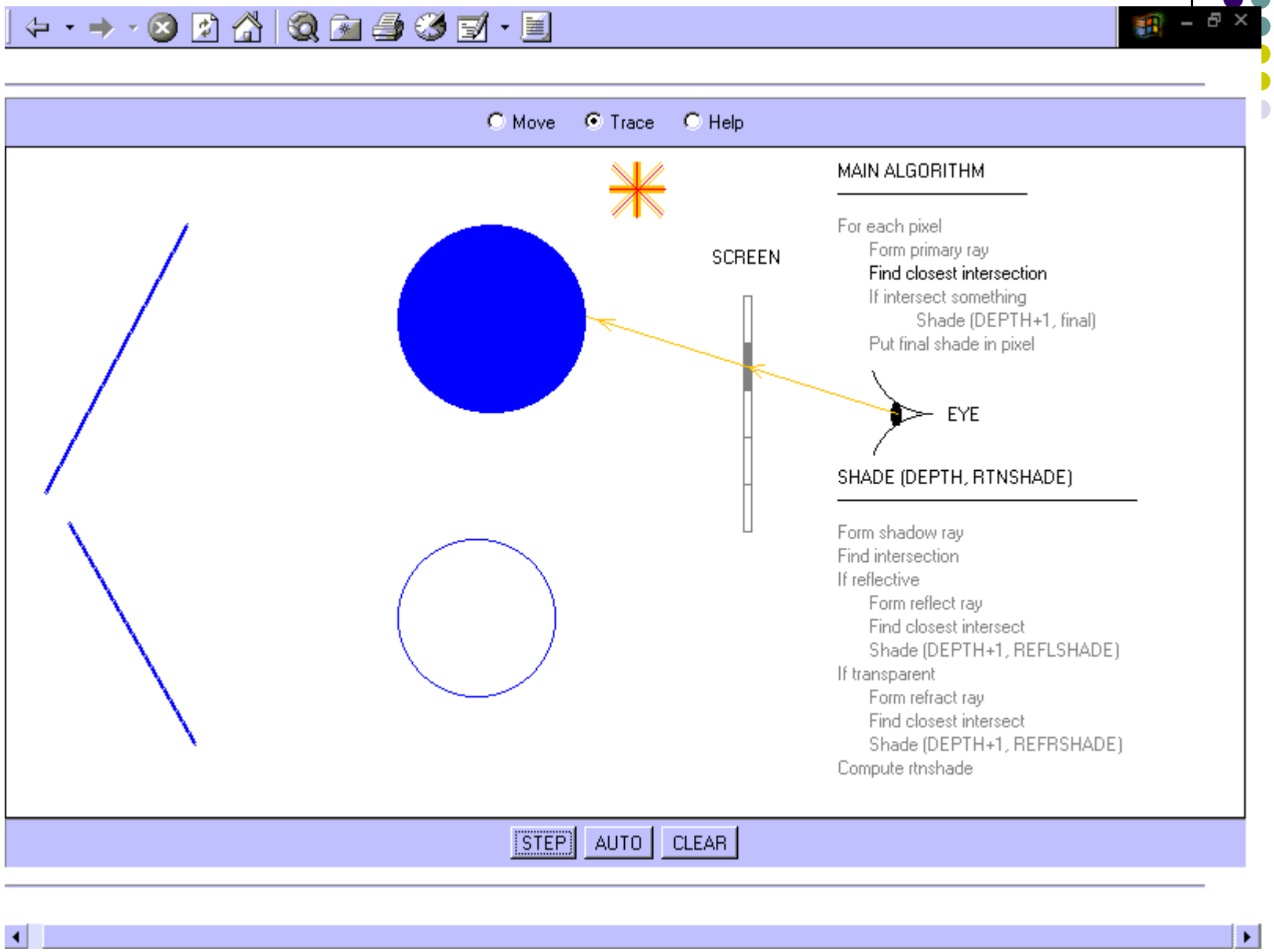
Demonstração



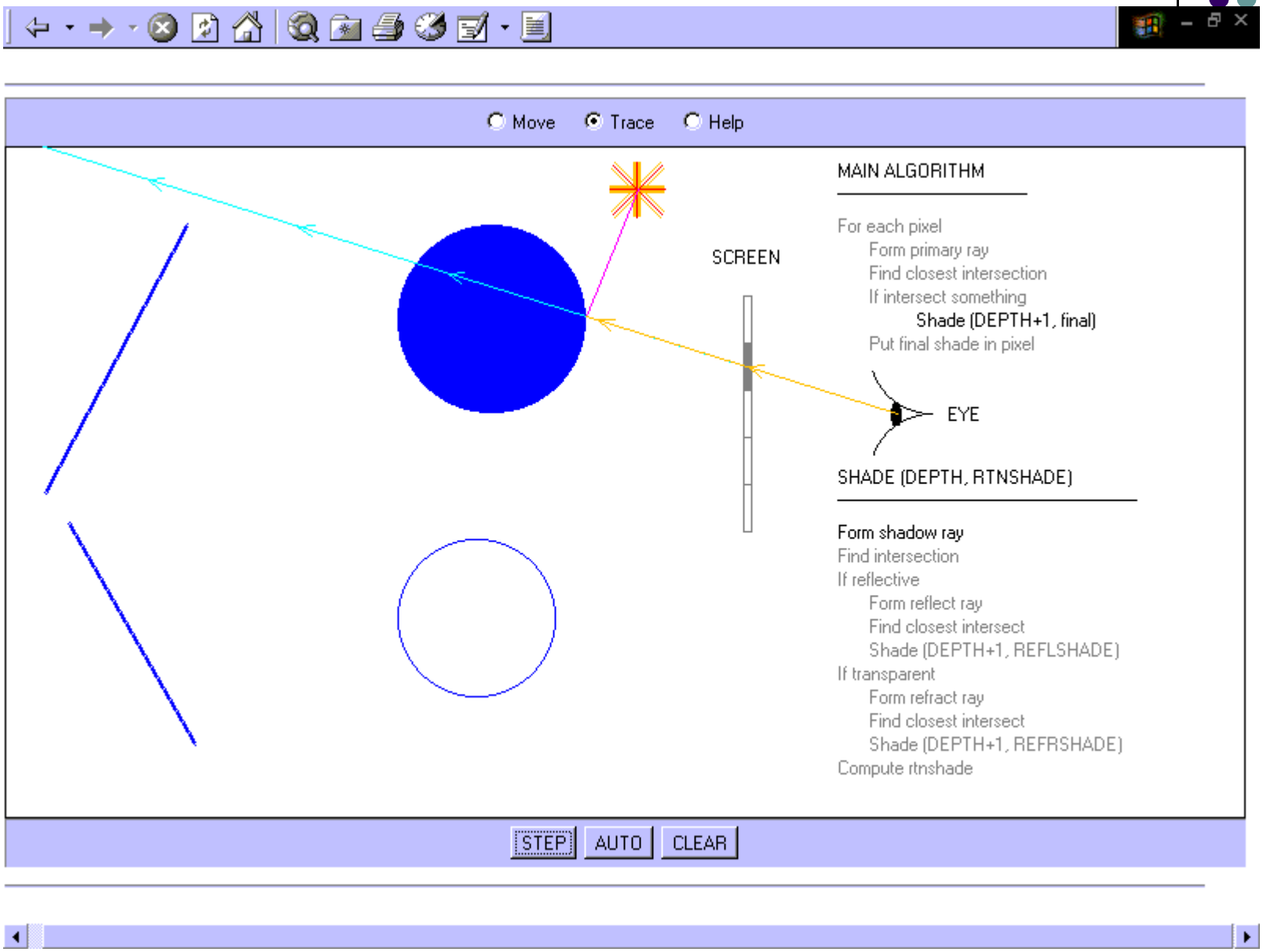
Demonstração



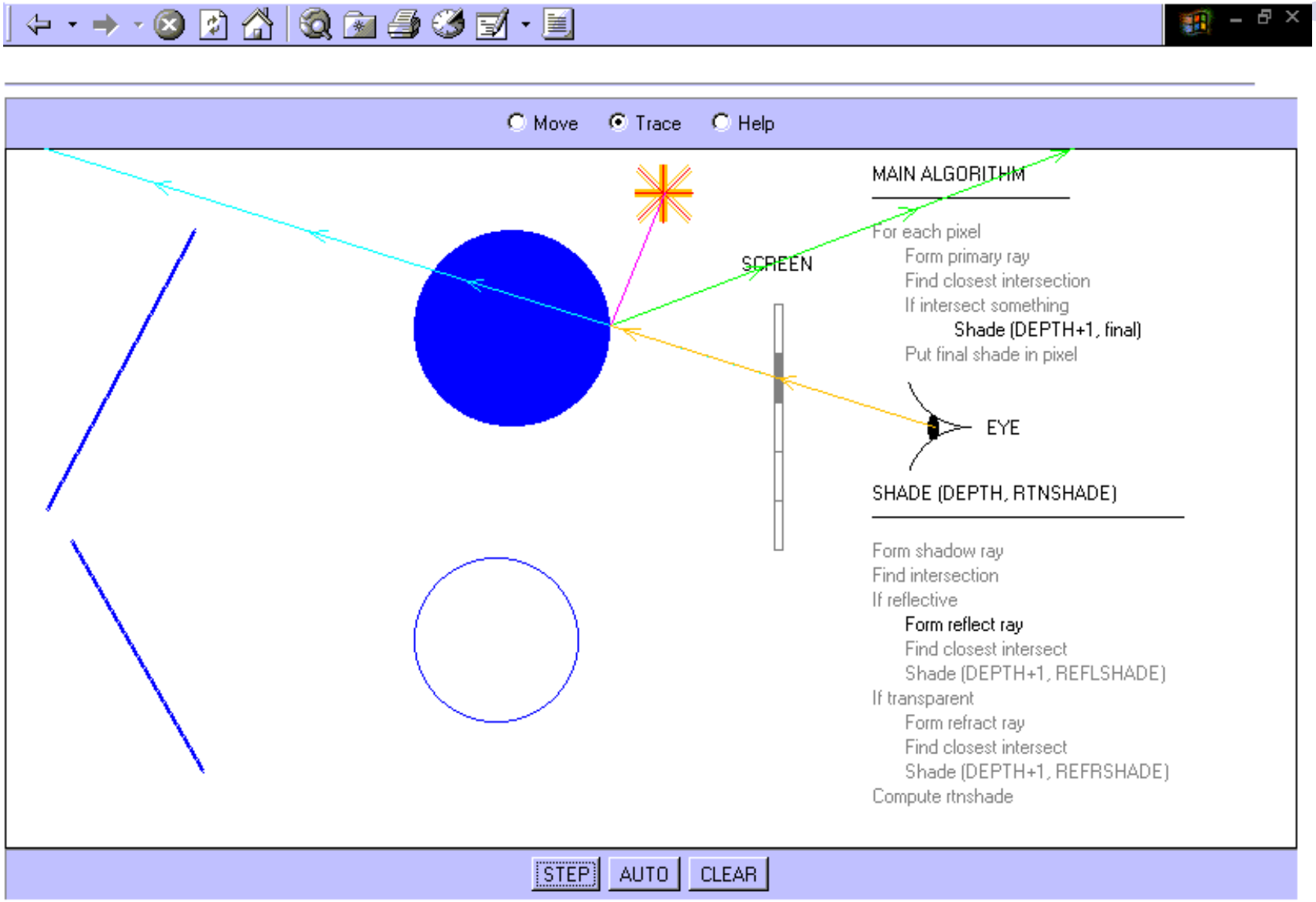
Demonstração



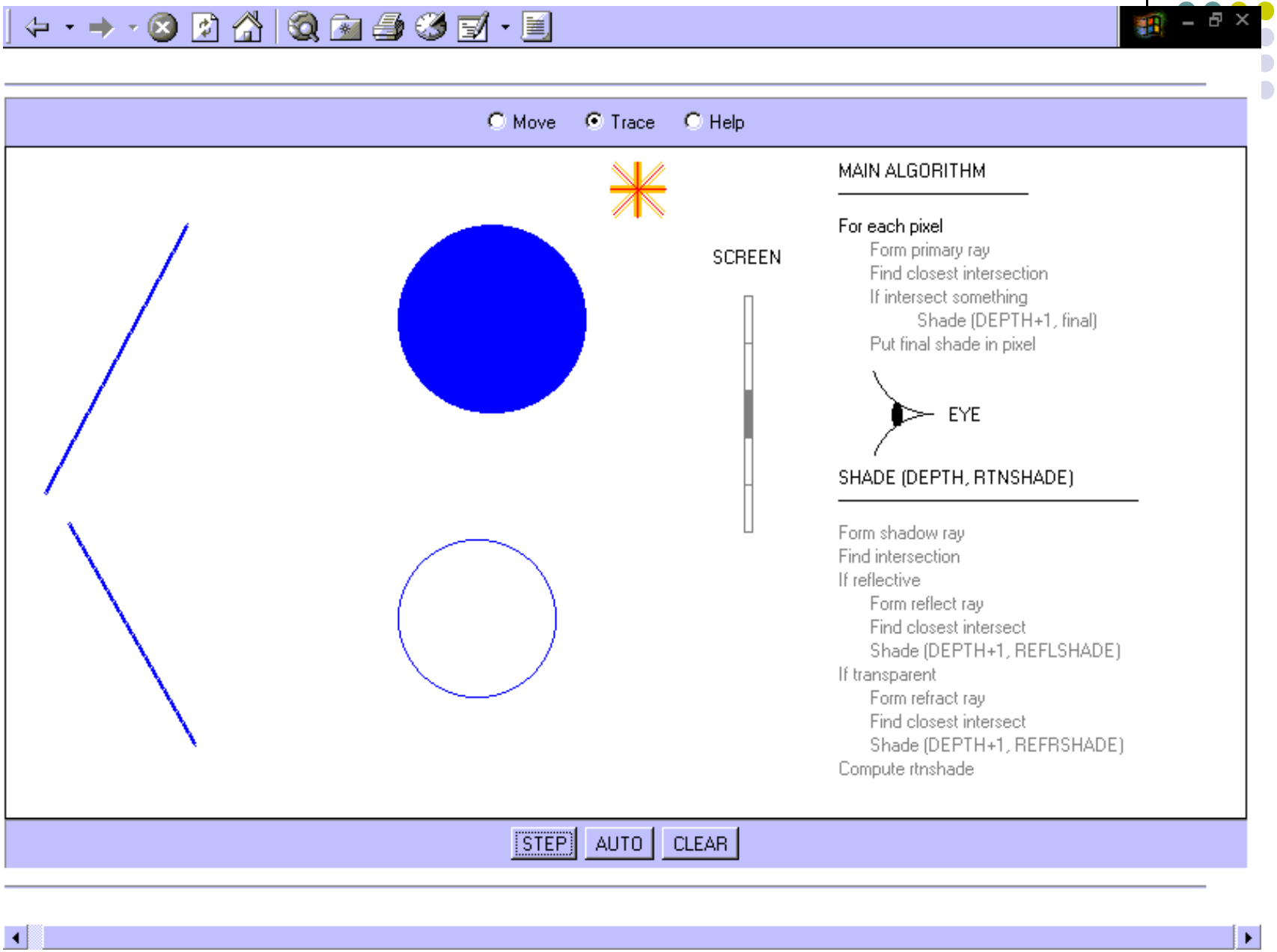
Demonstração



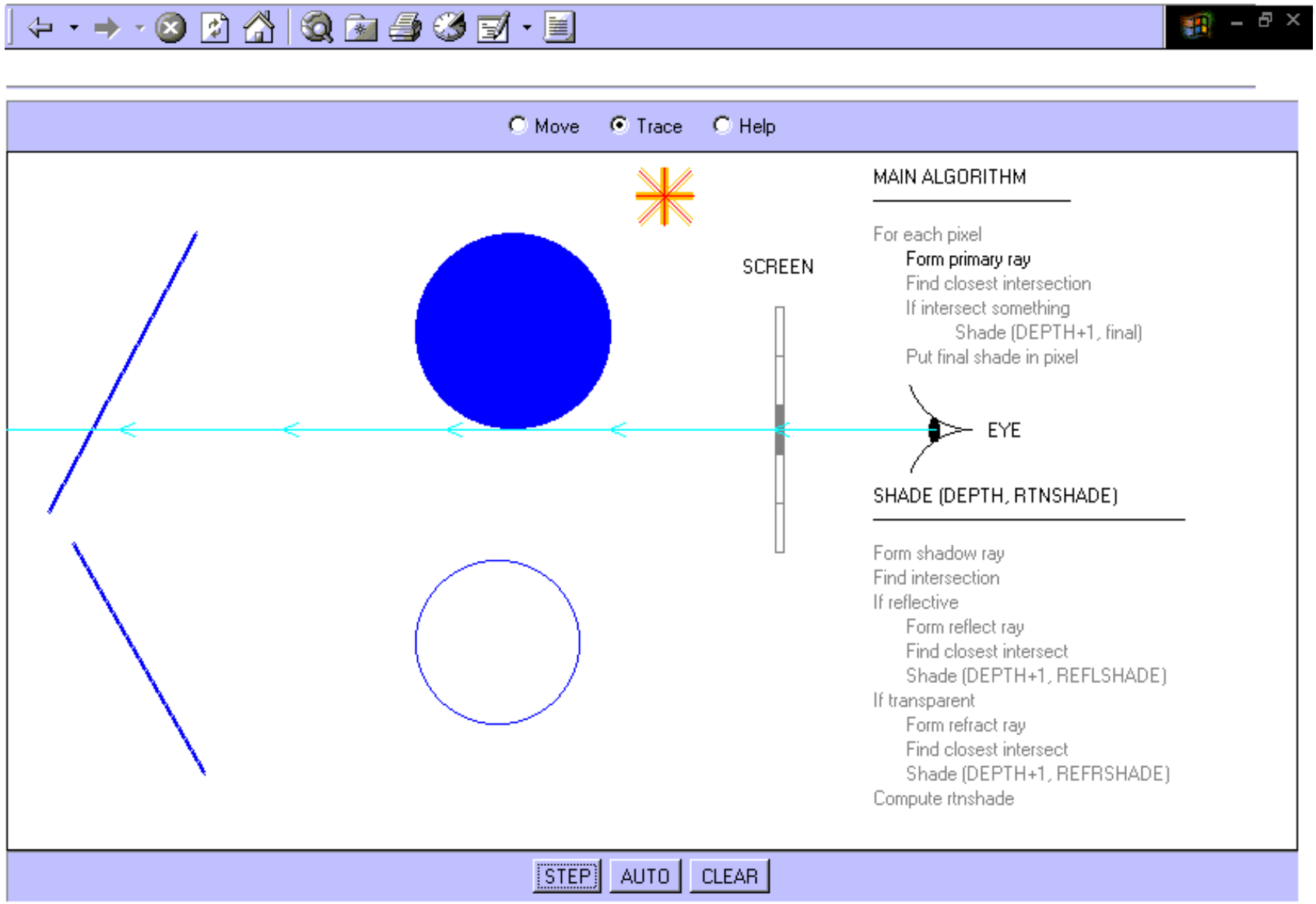
Demonstração



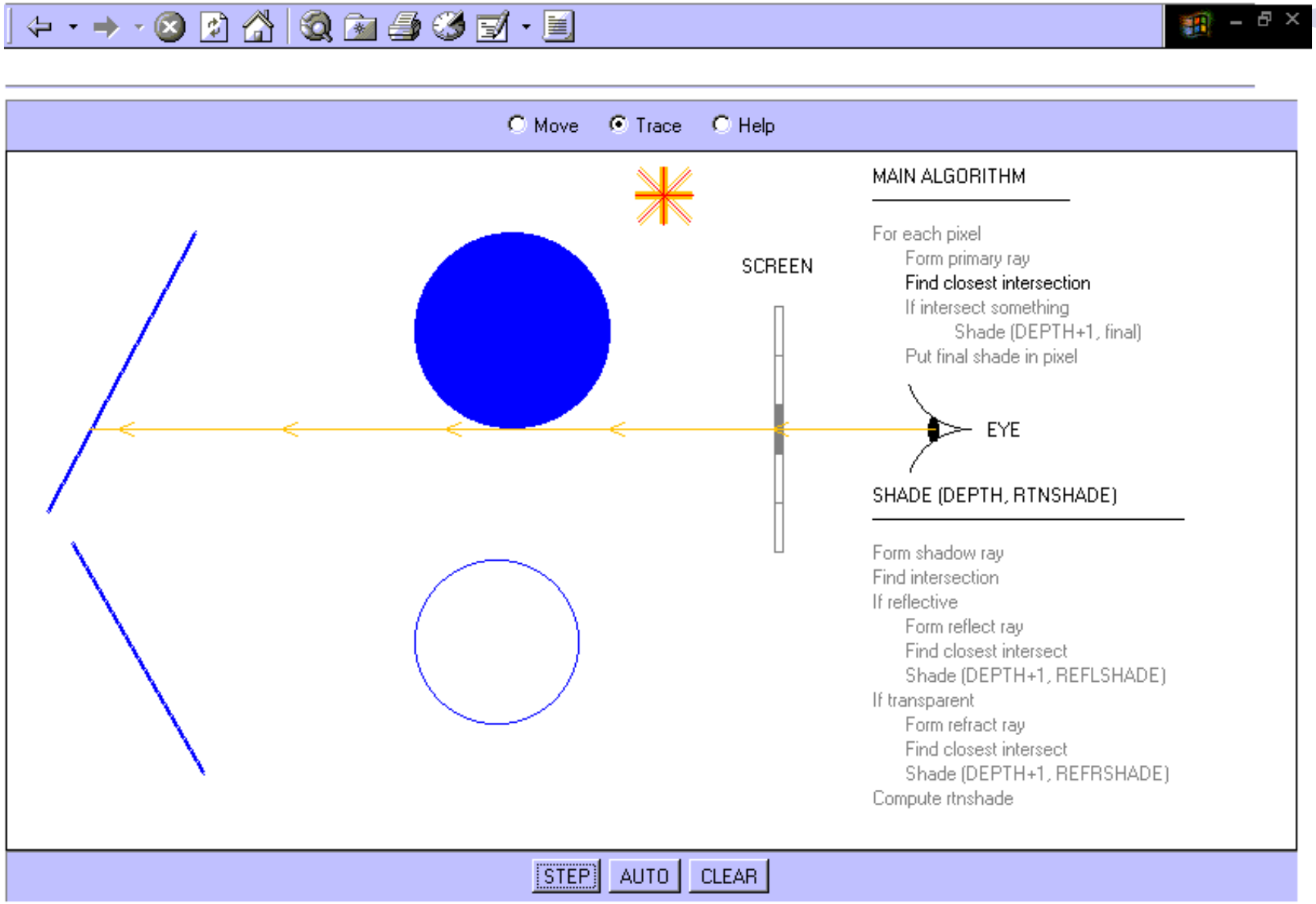
Demonstração



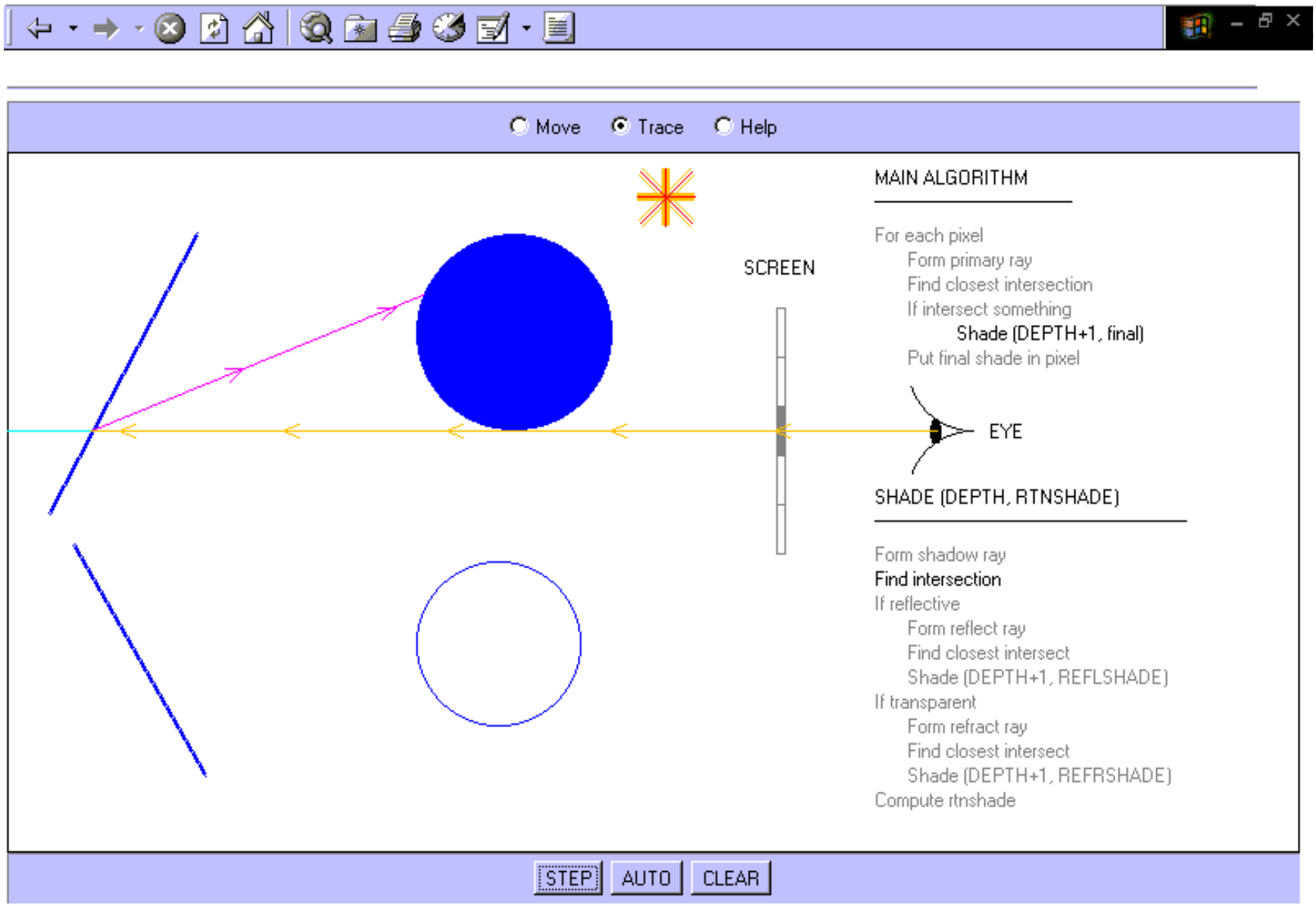
Demonstração



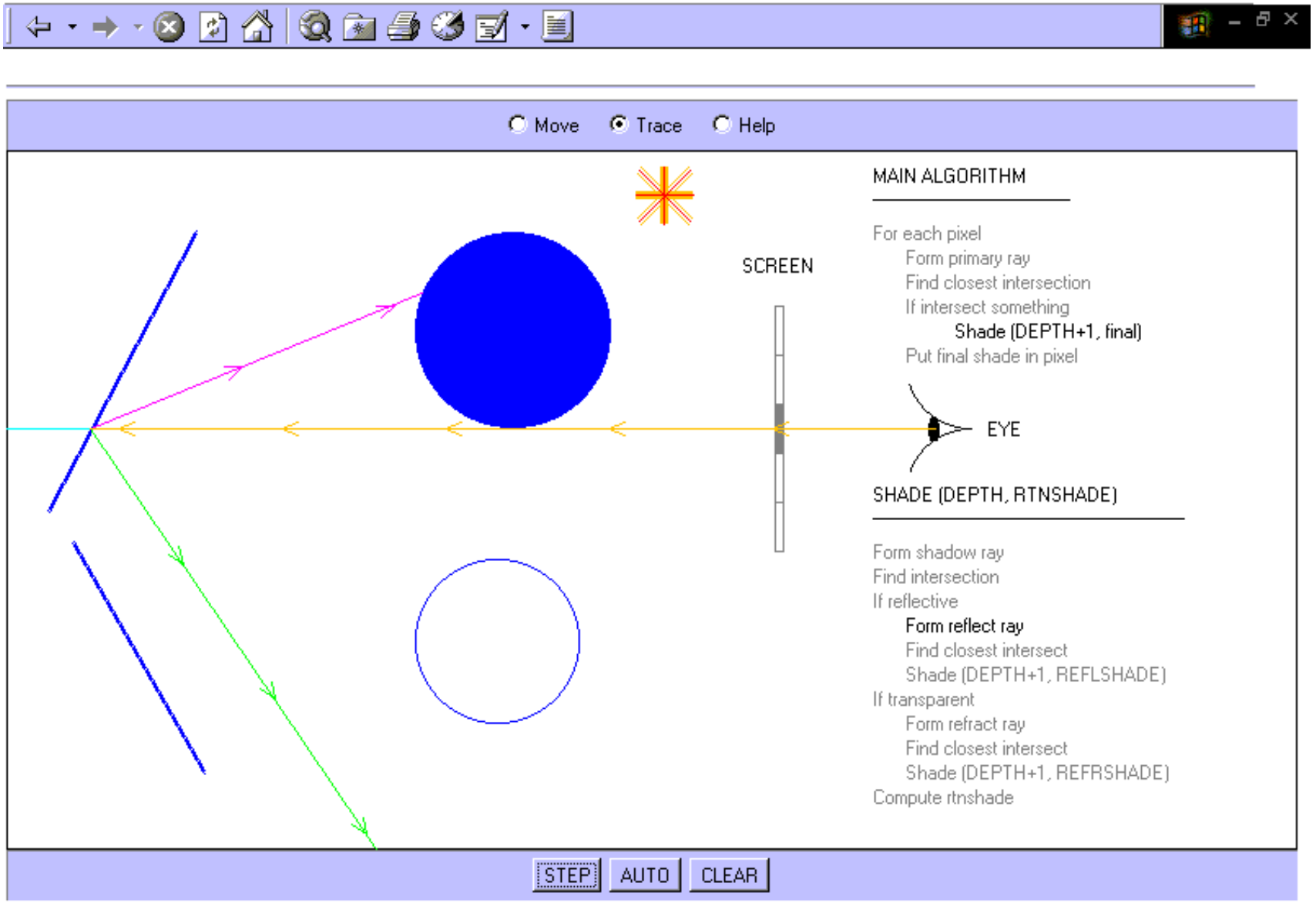
Demonstração



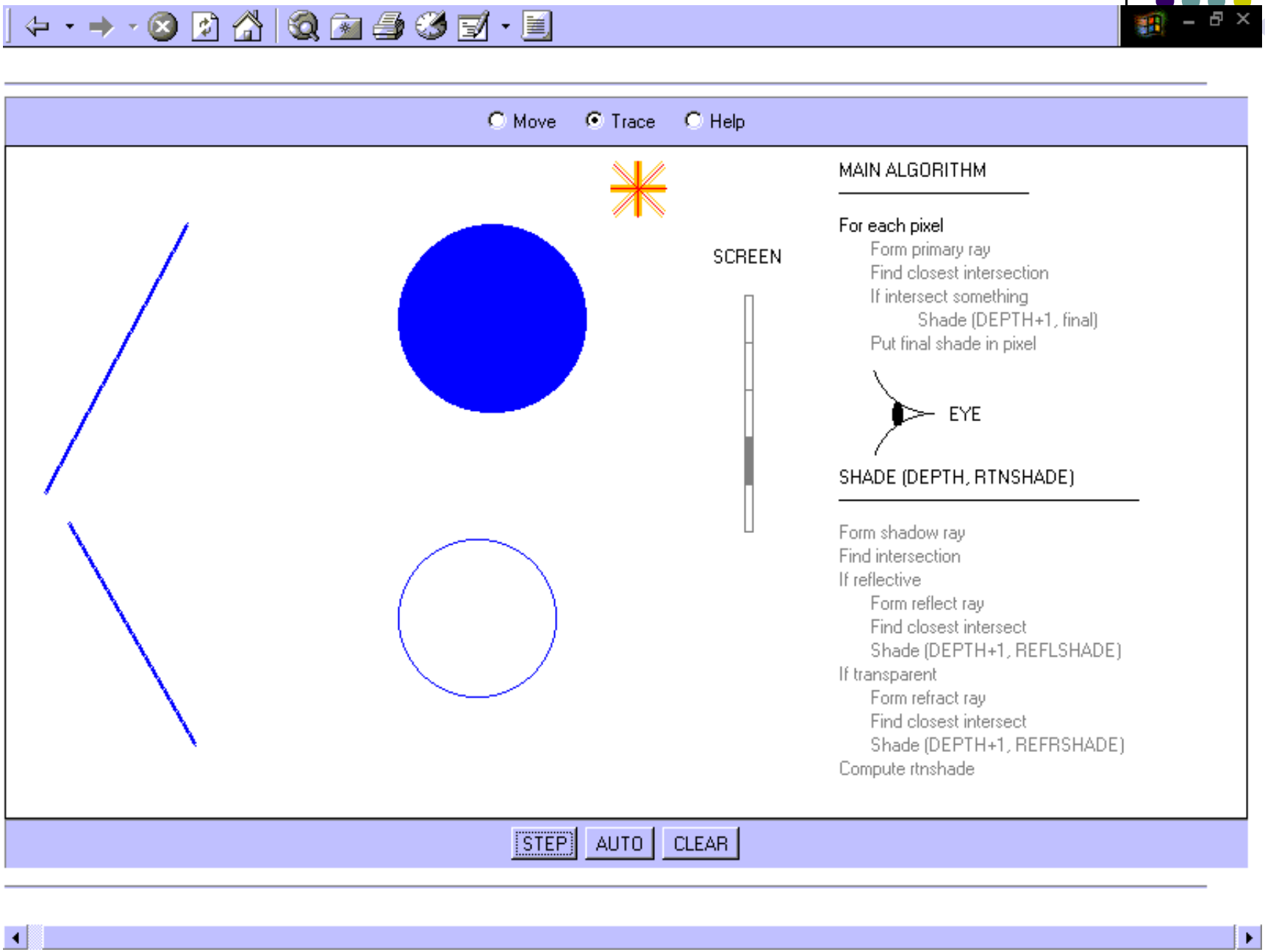
Demonstração



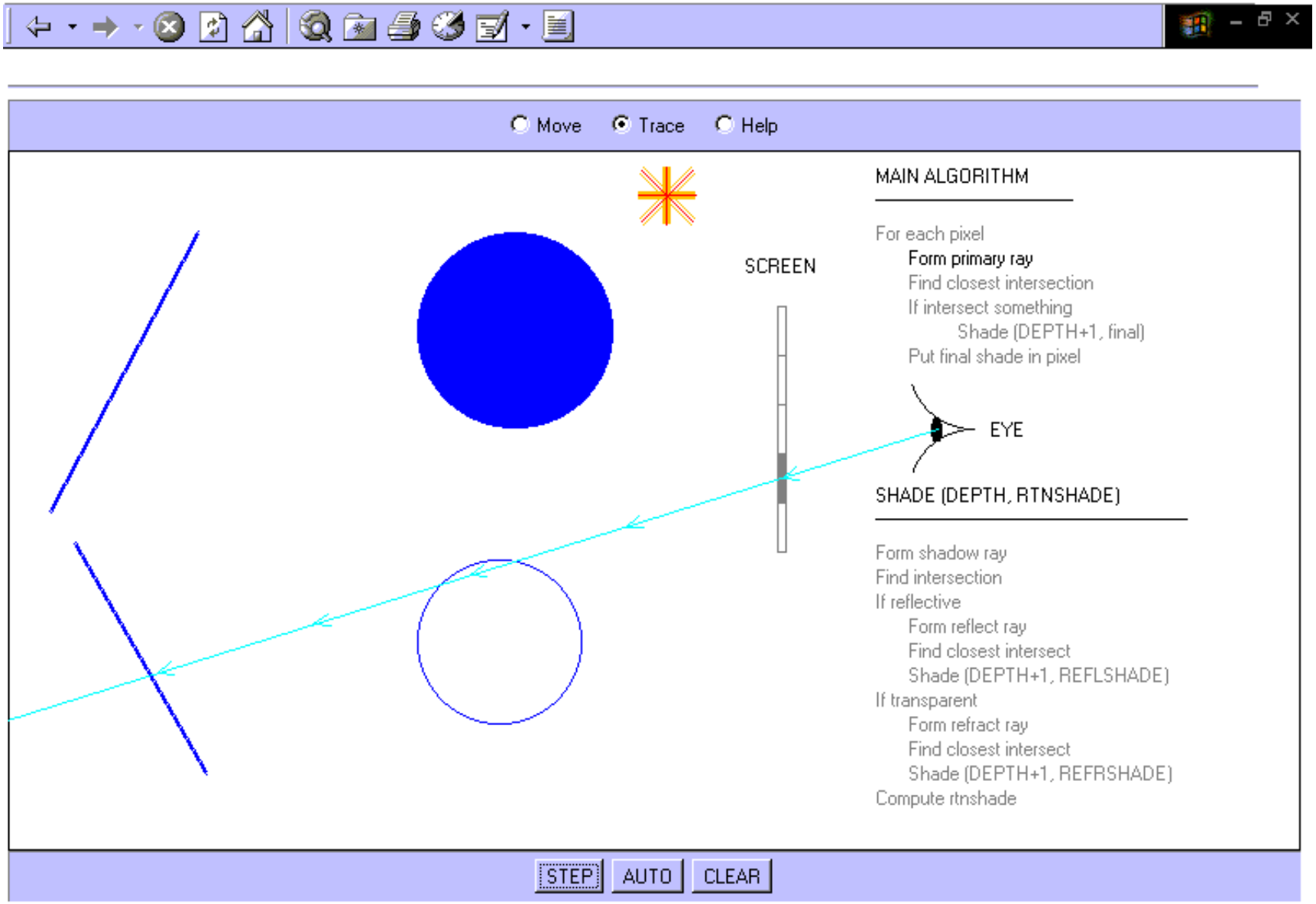
Demonstração



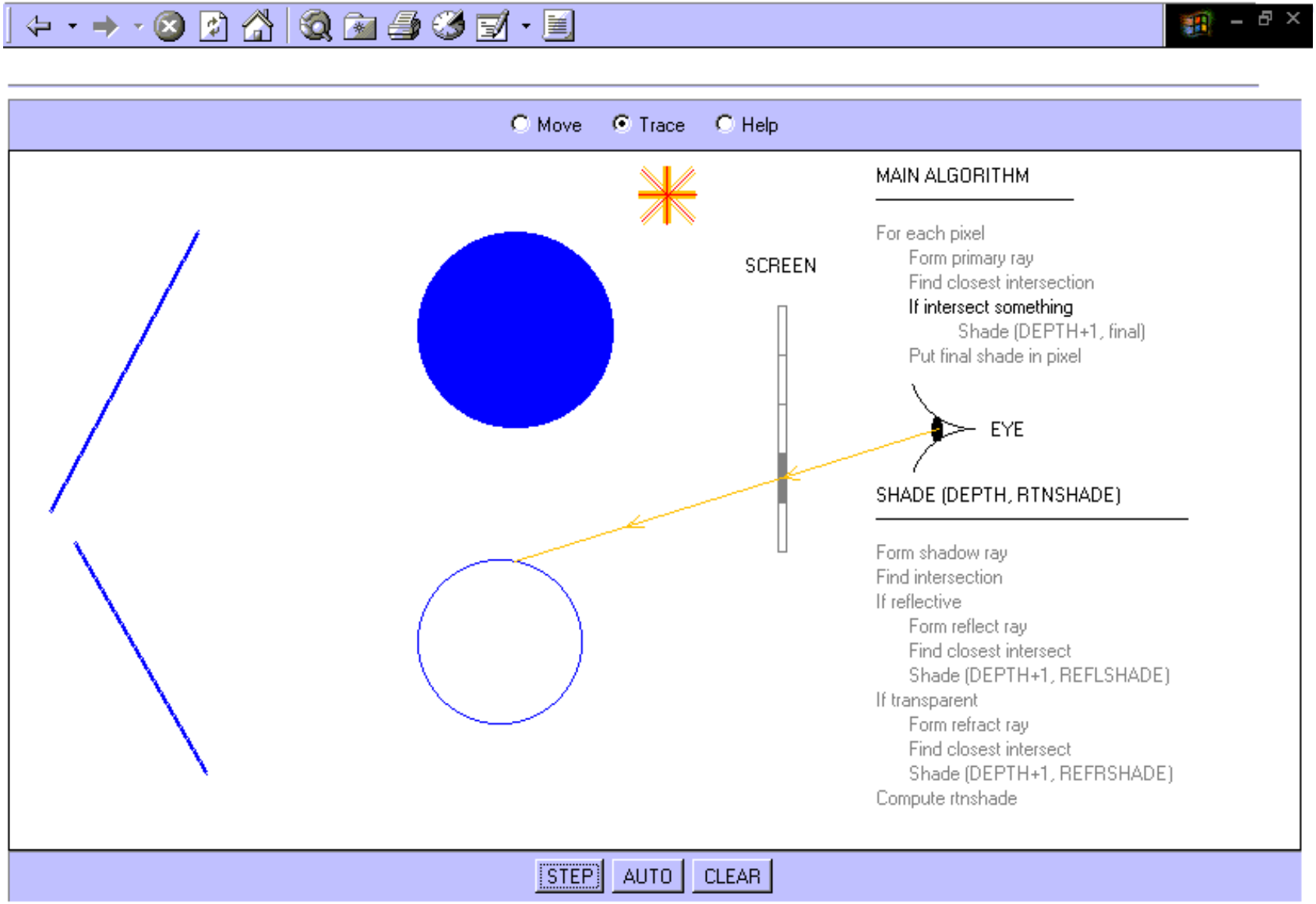
Demonstração



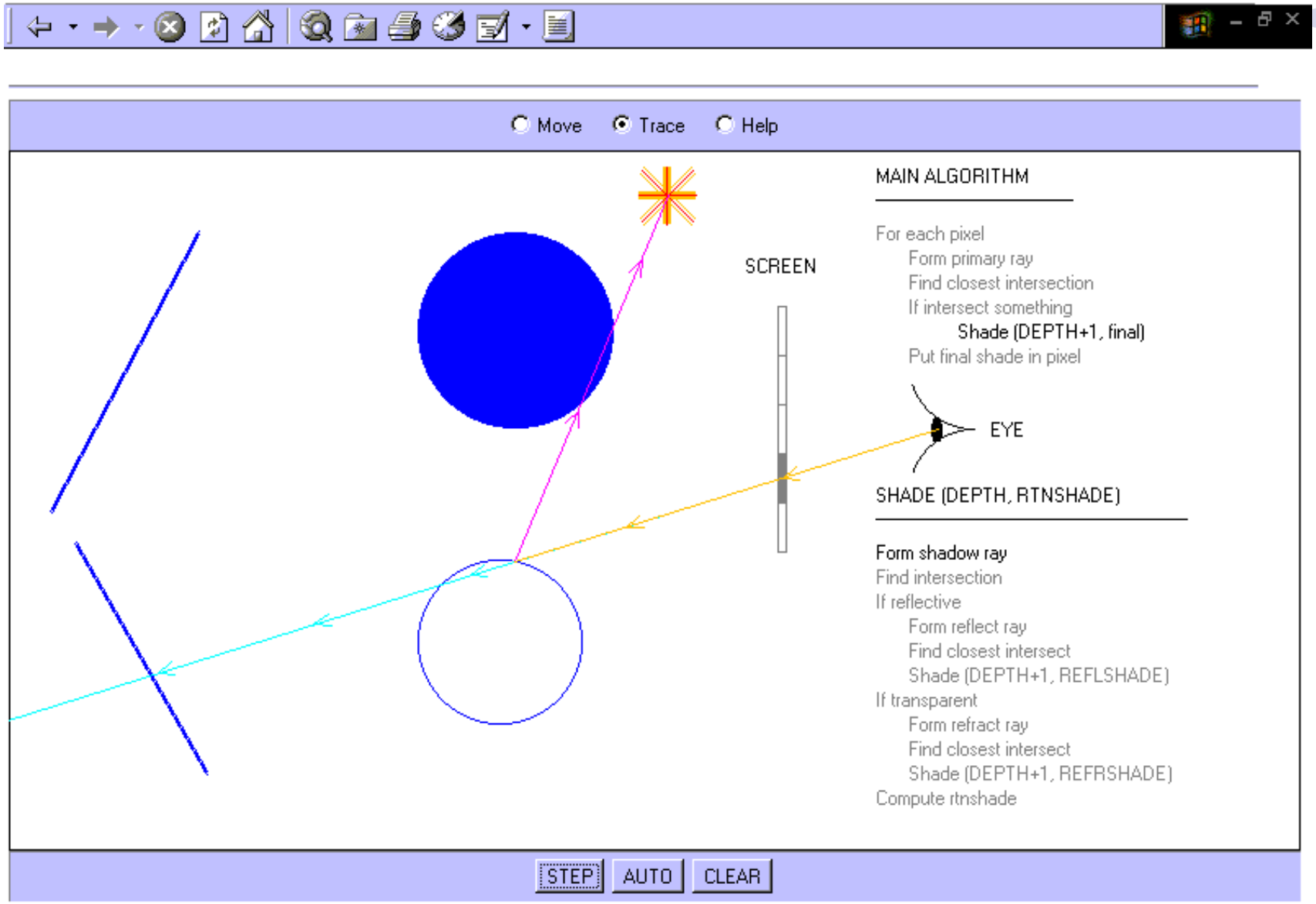
Demonstração



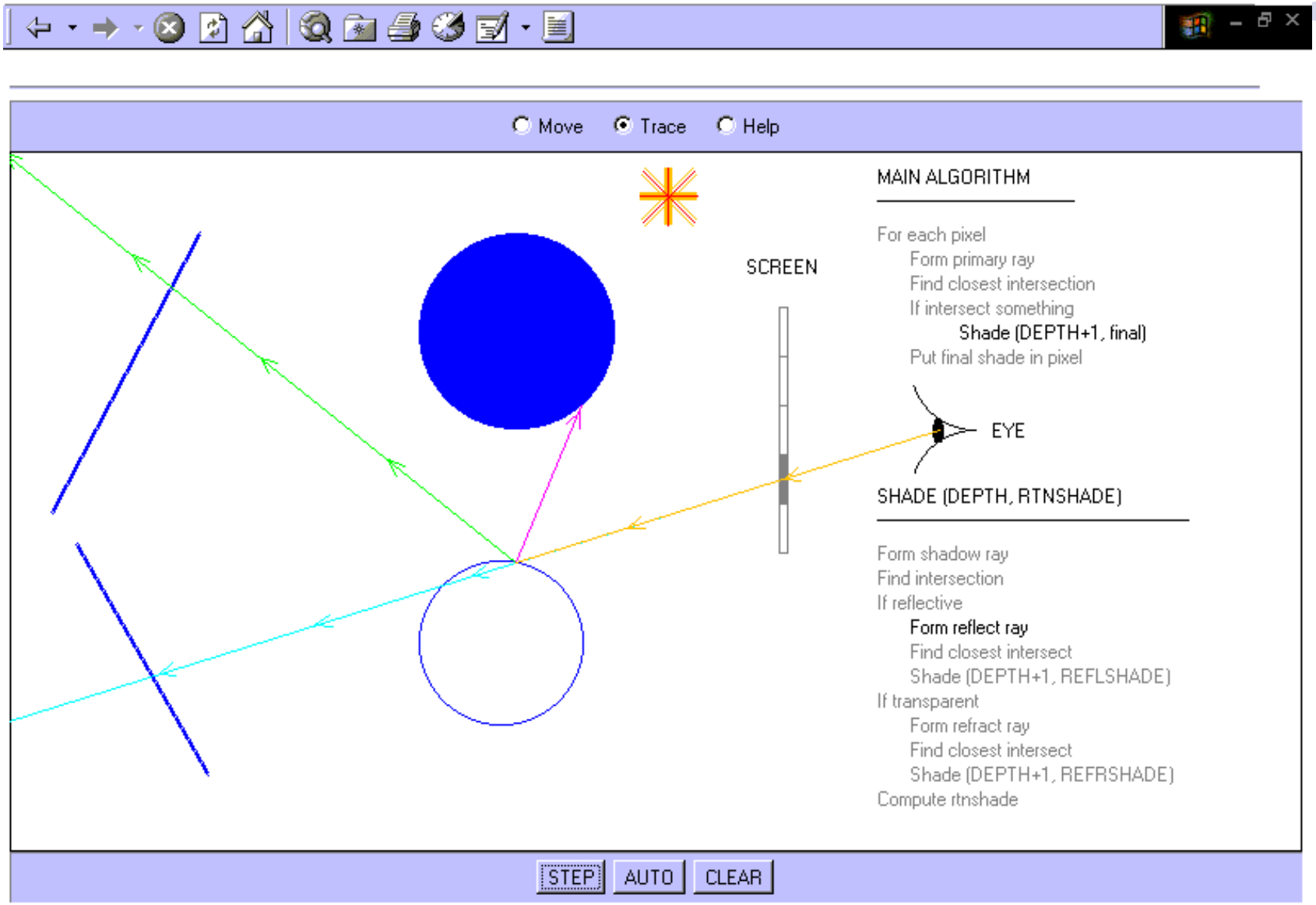
Demonstração



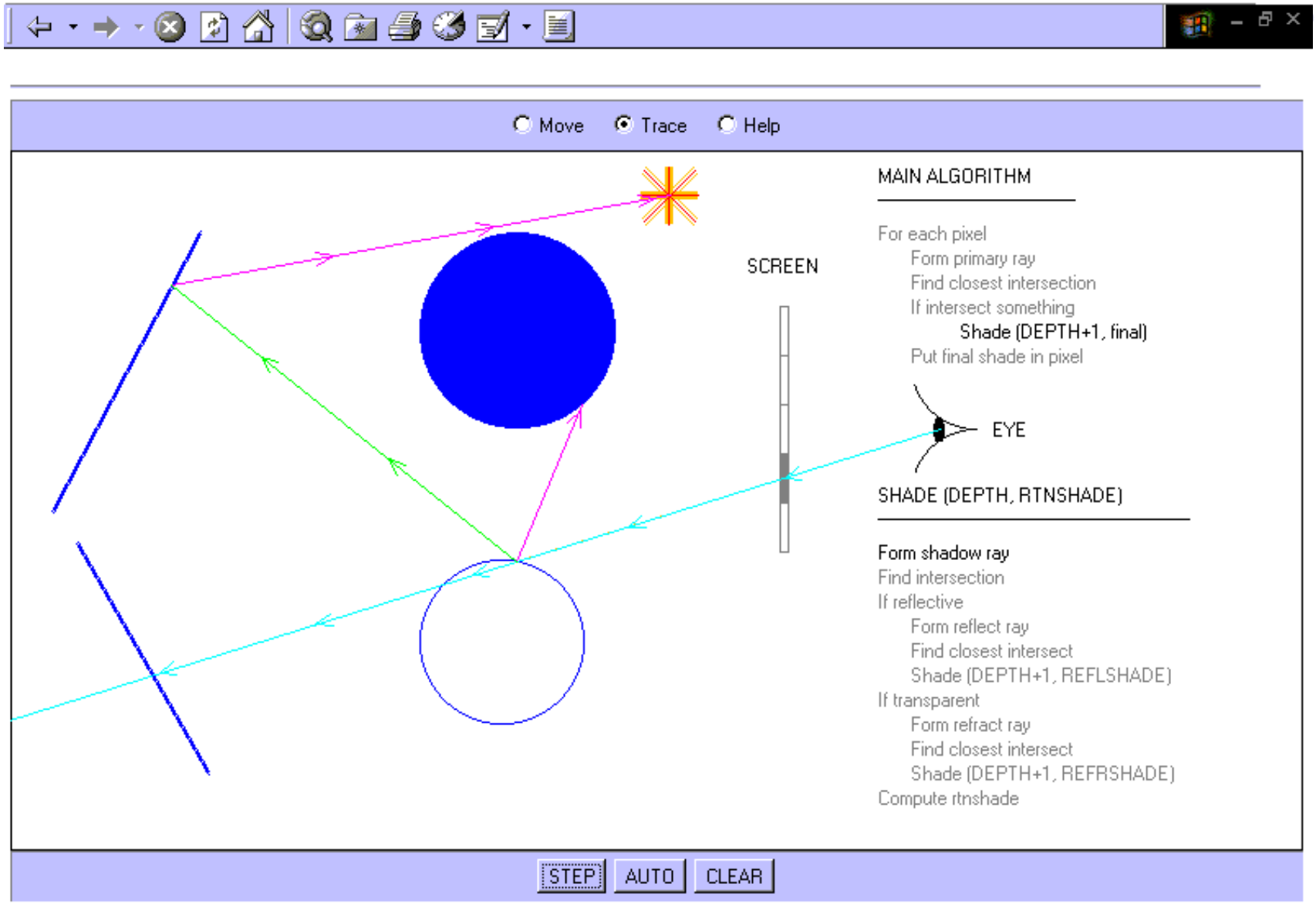
Demonstração



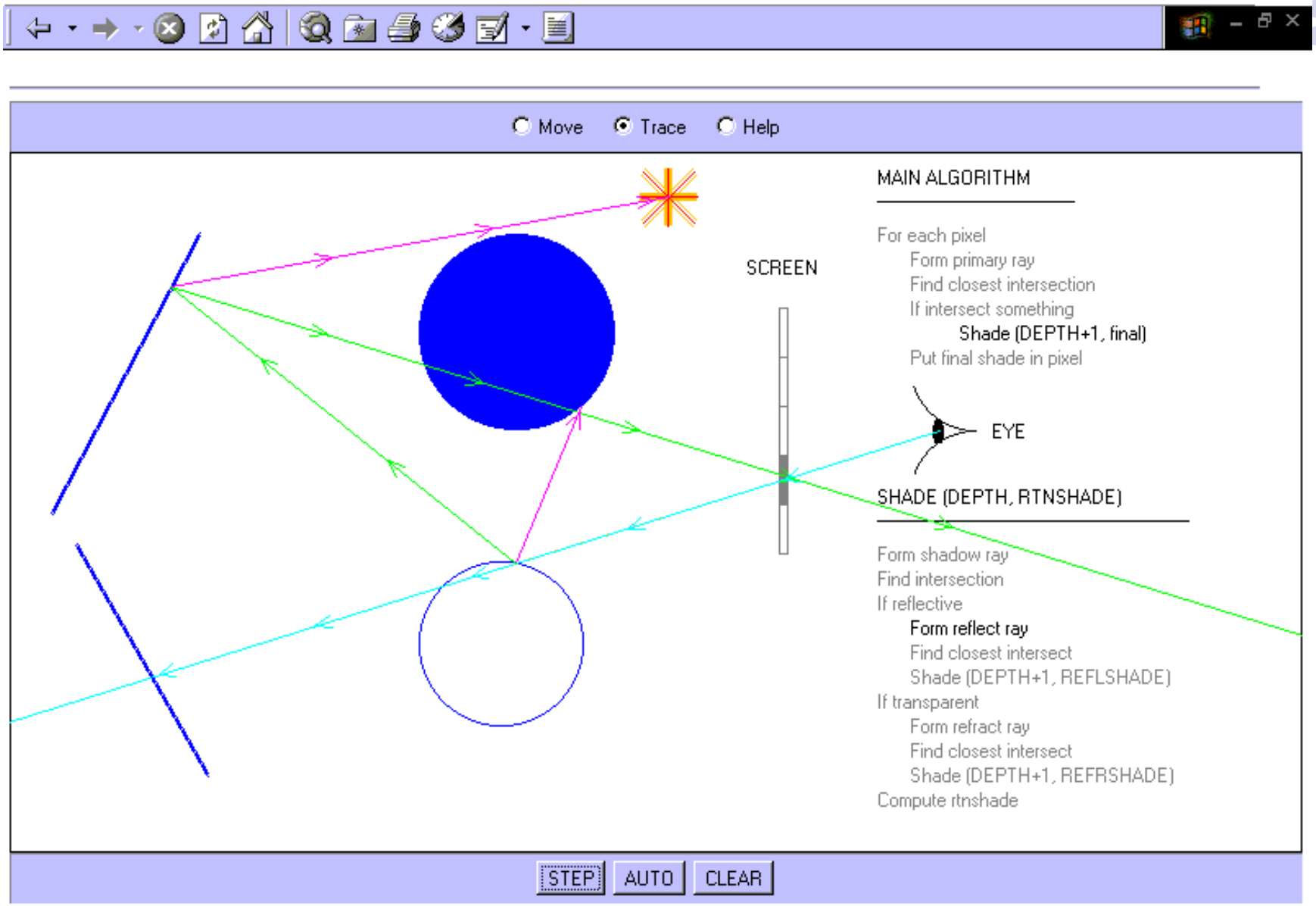
Demonstração



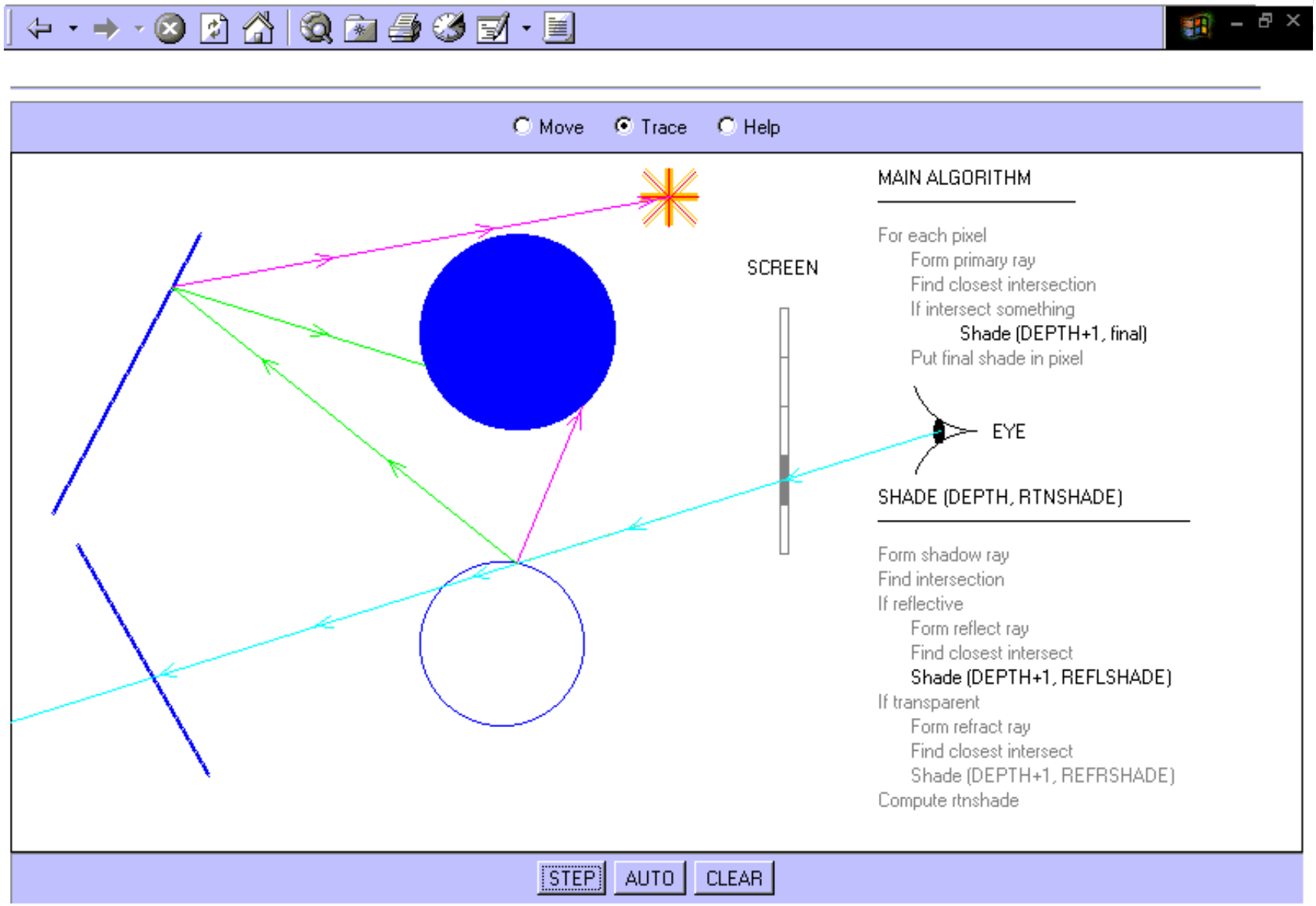
Demonstração



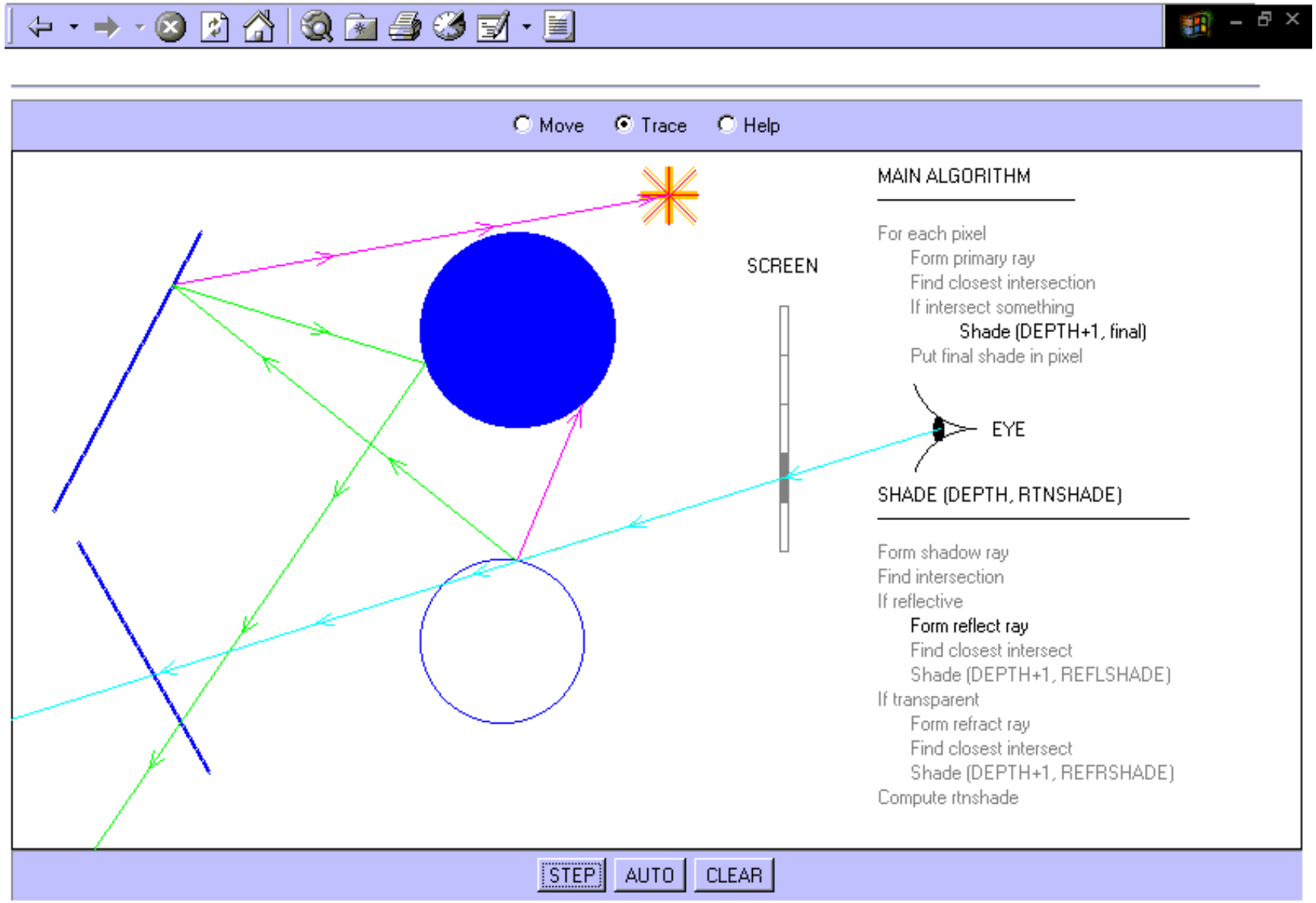
Demonstração



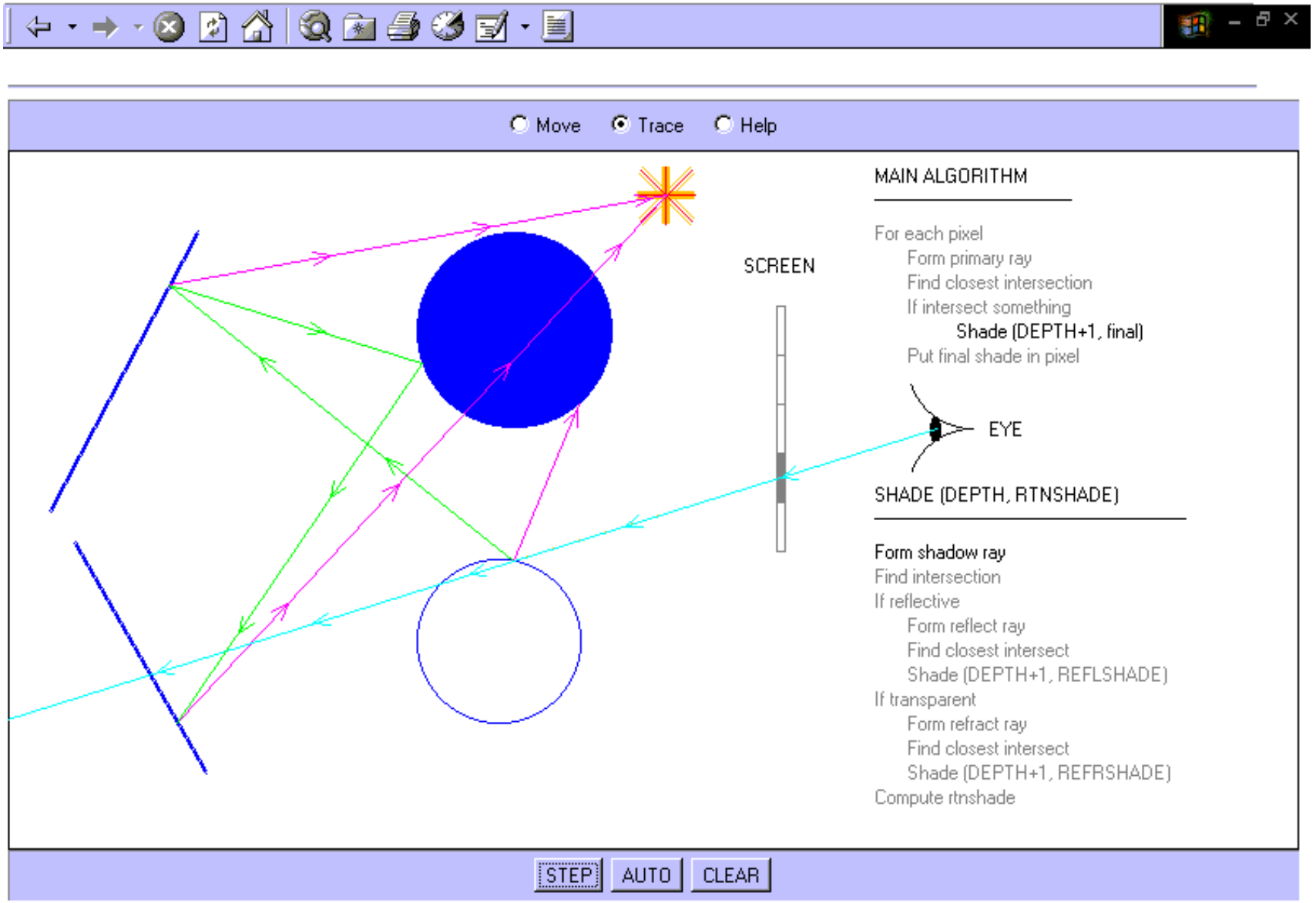
Demonstração



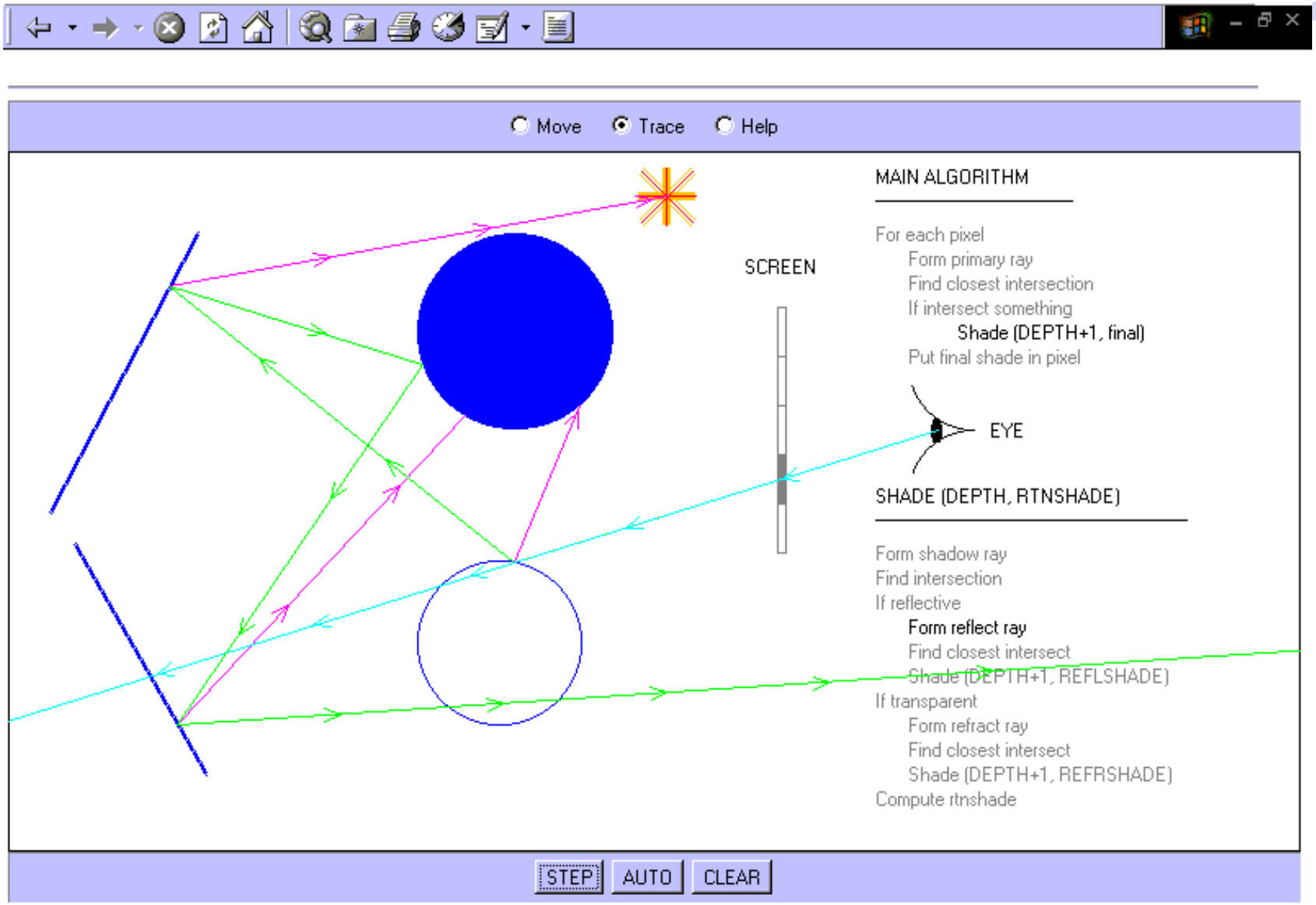
Demonstração



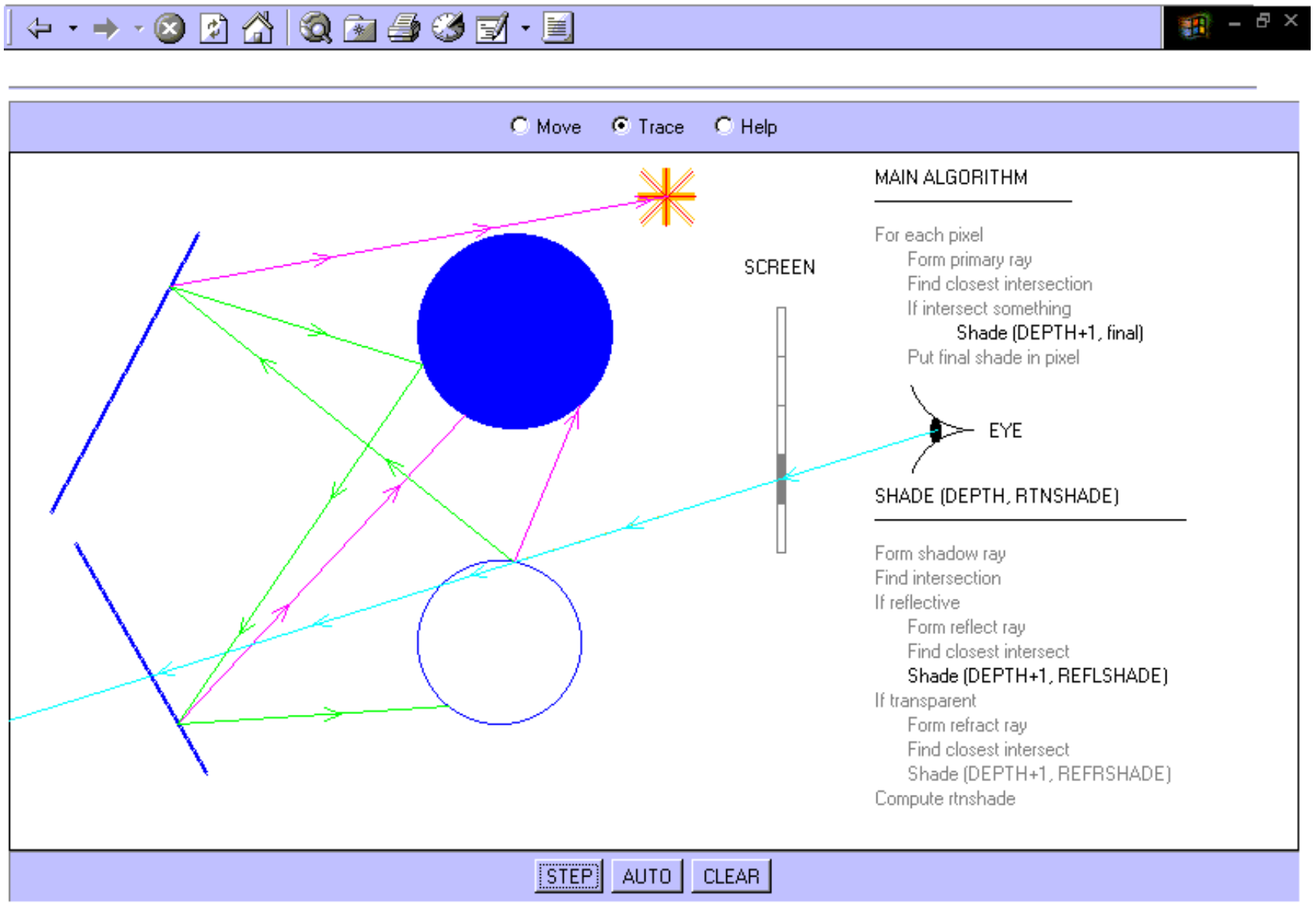
Demonstração



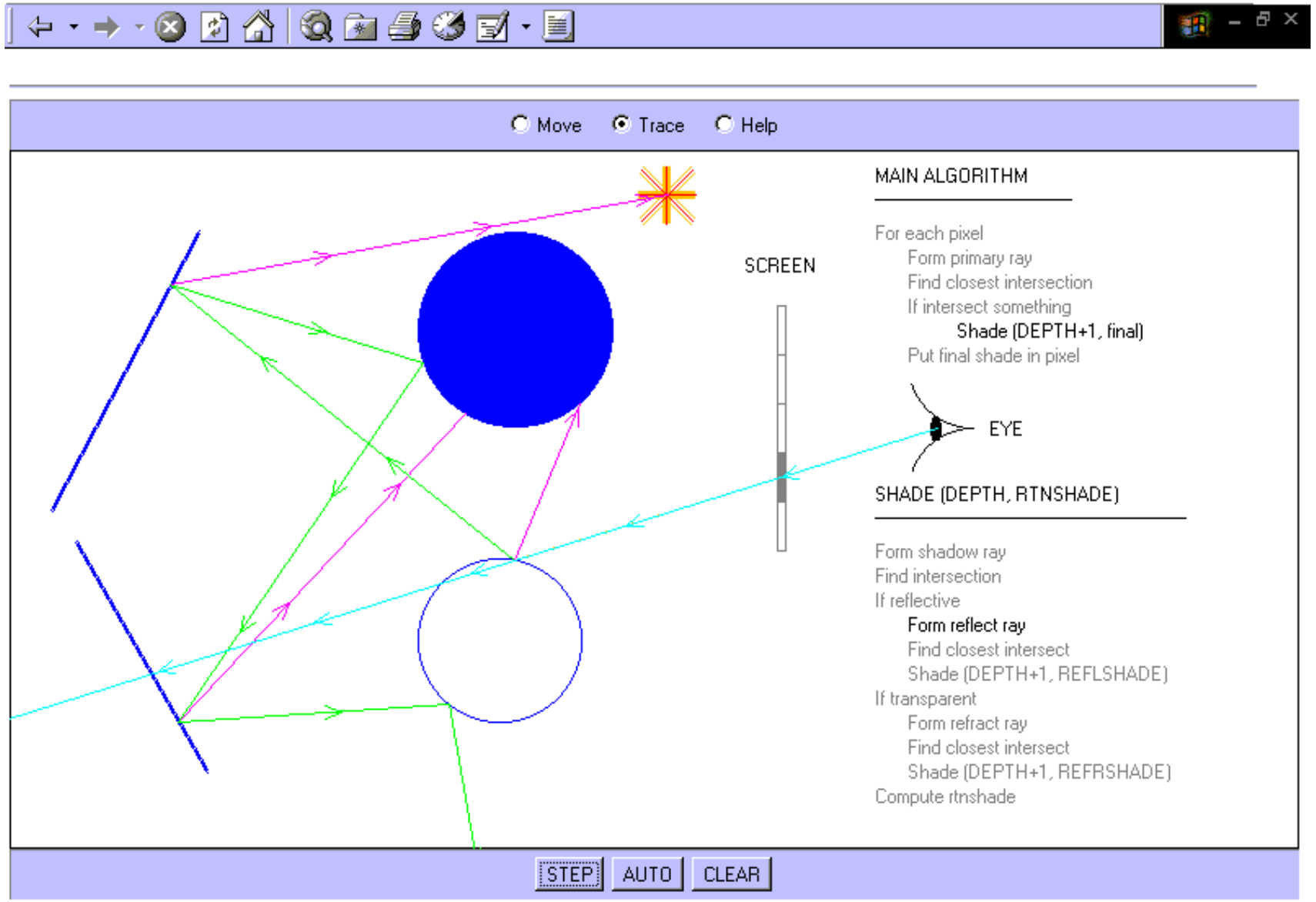
Demonstração



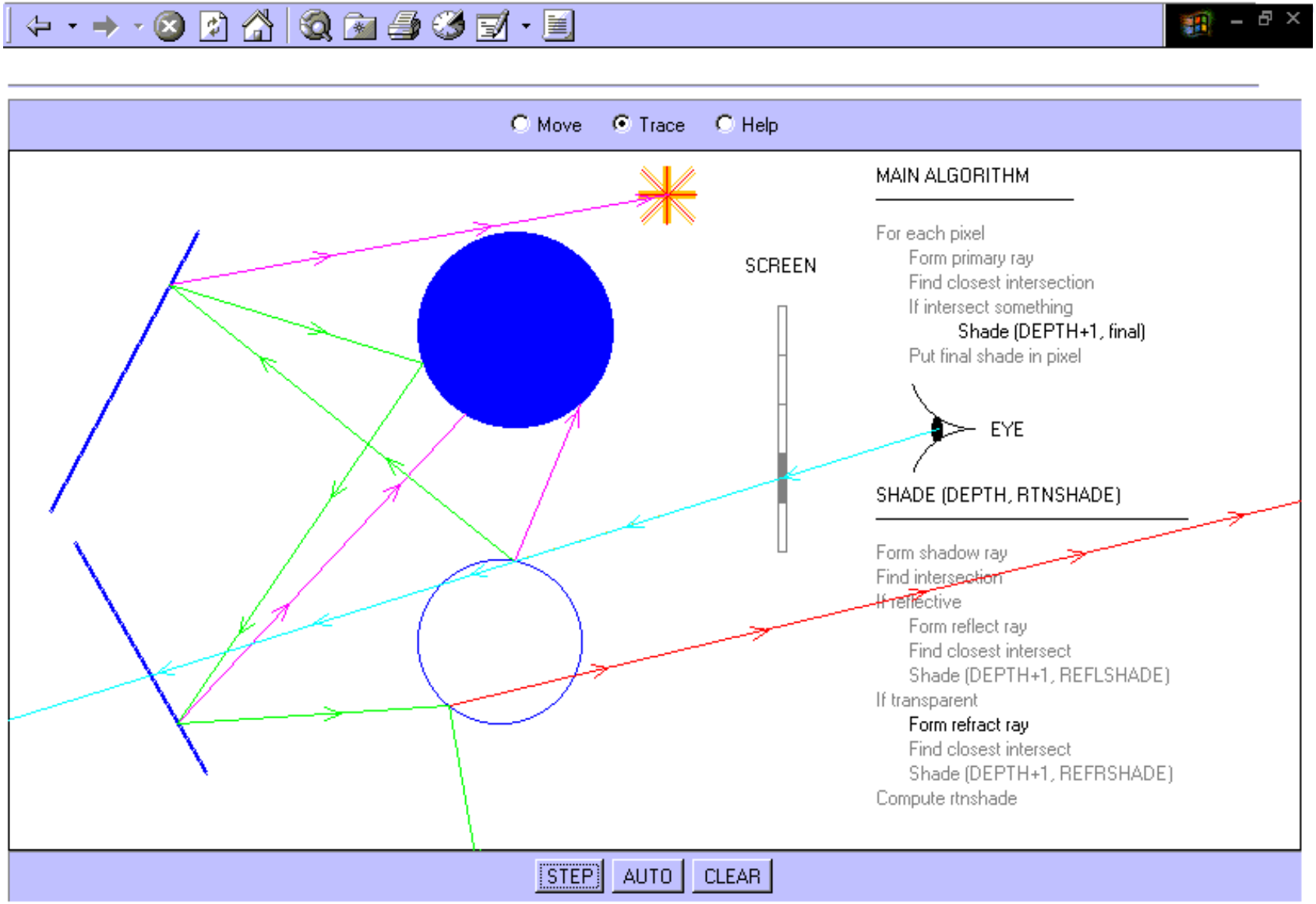
Demonstração



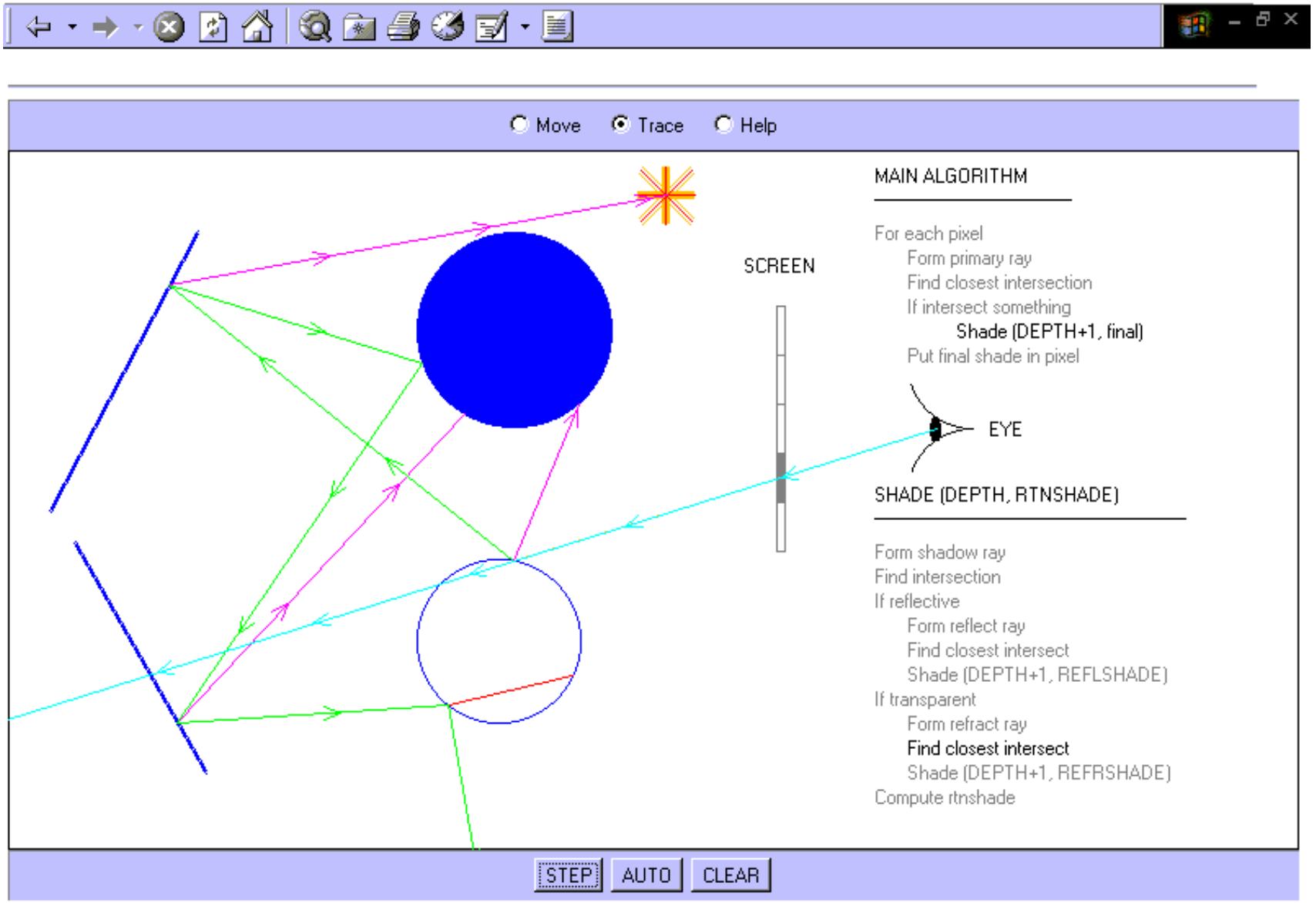
Demonstração



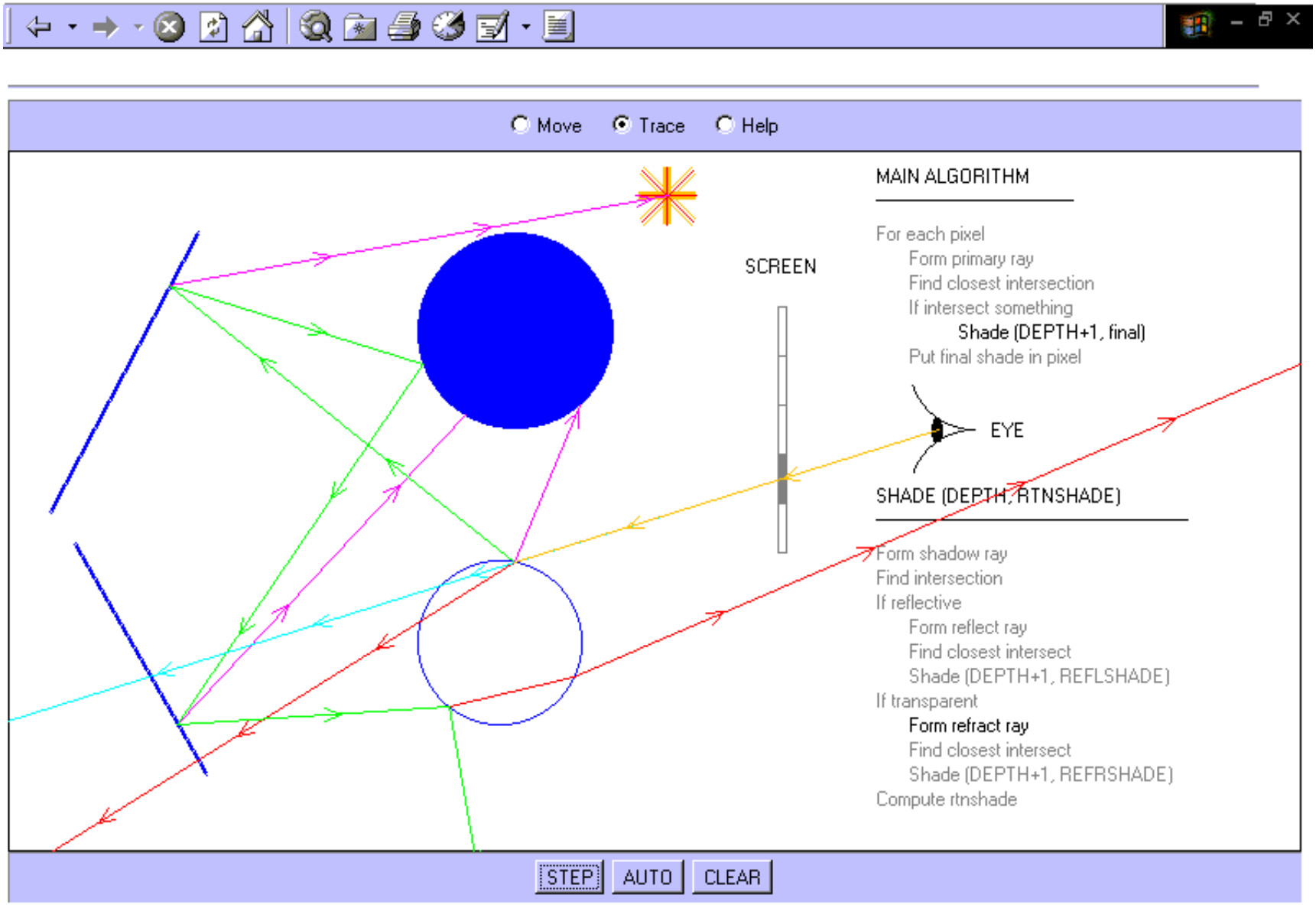
Demonstração



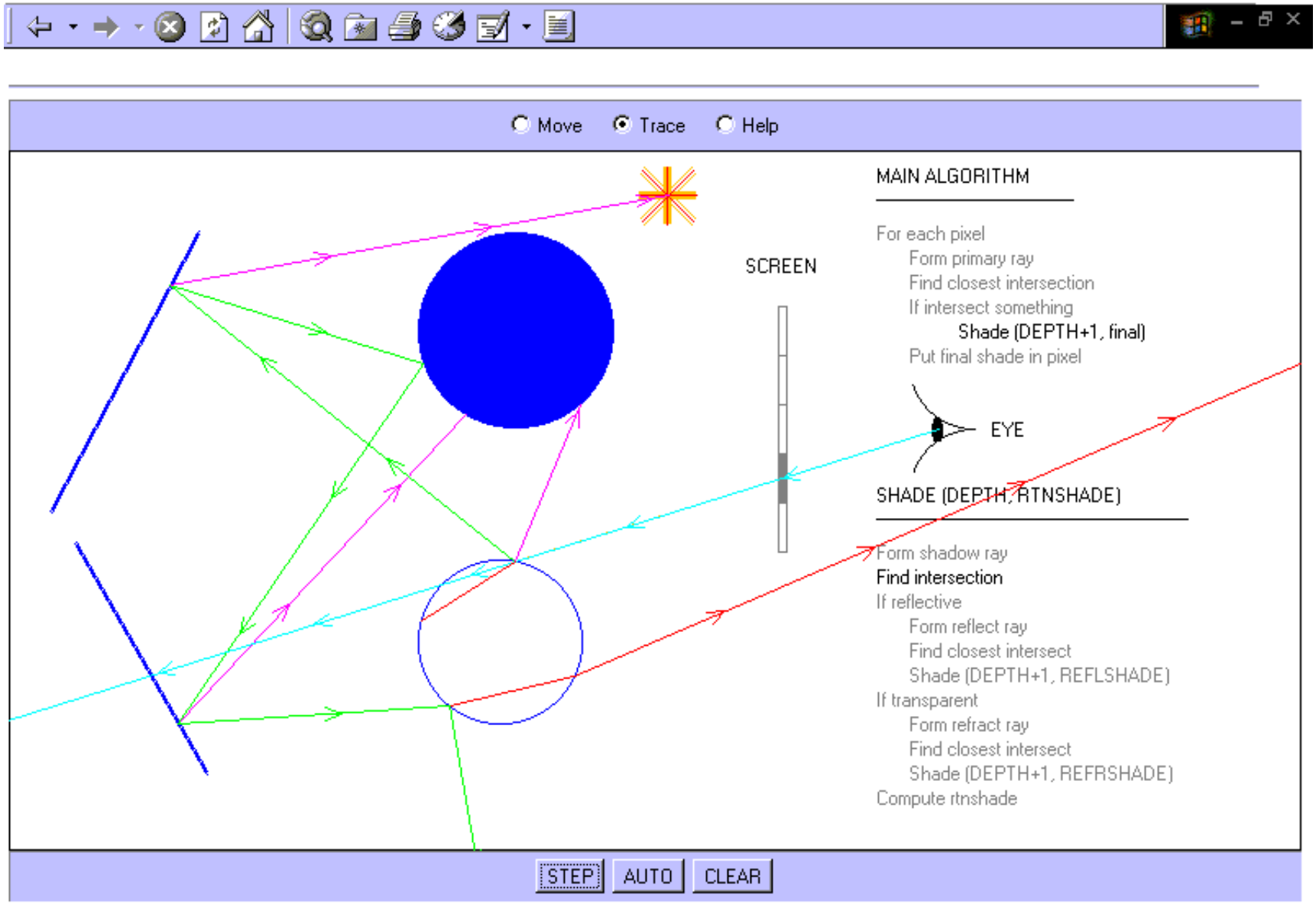
Demonstração



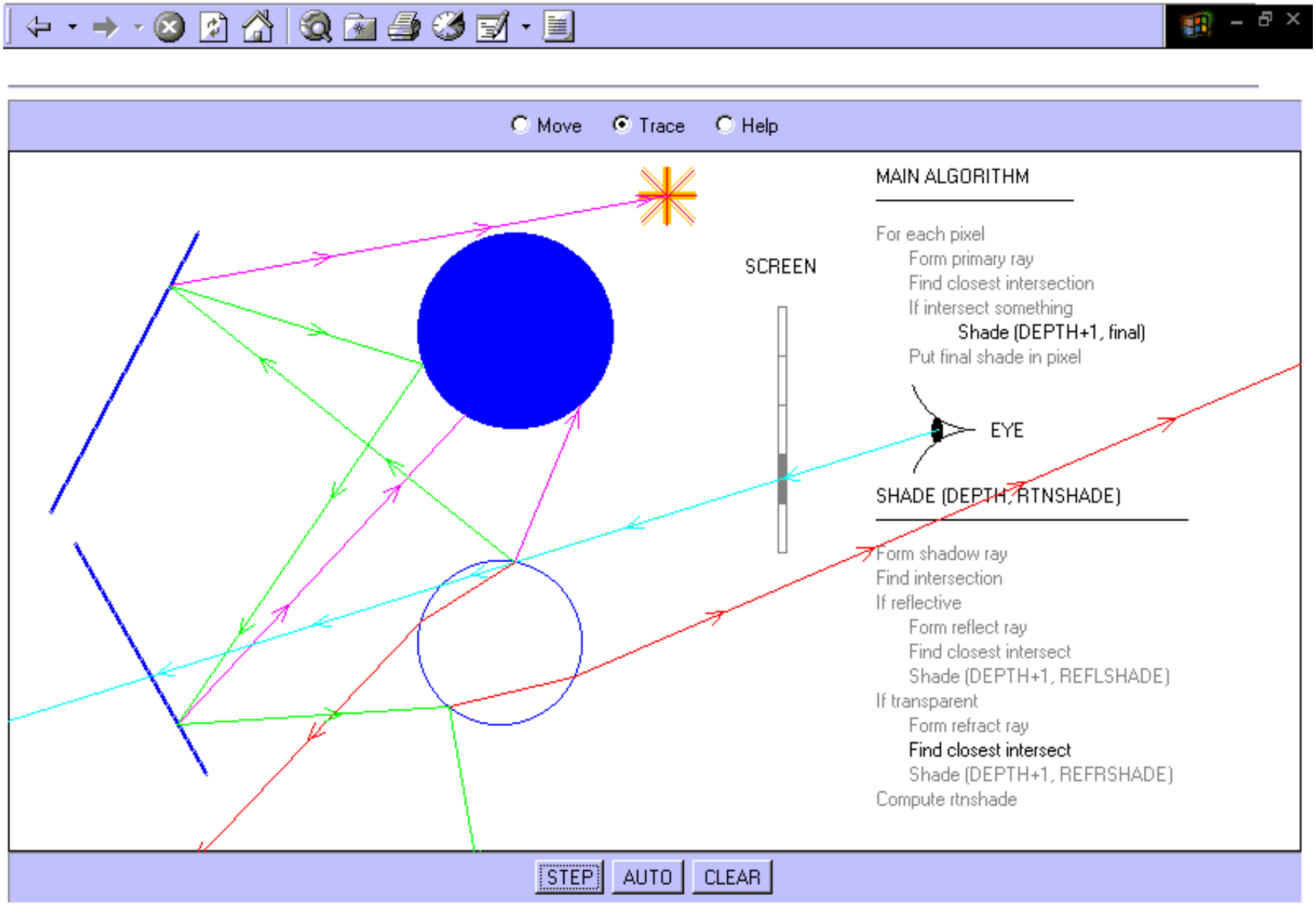
Demonstração



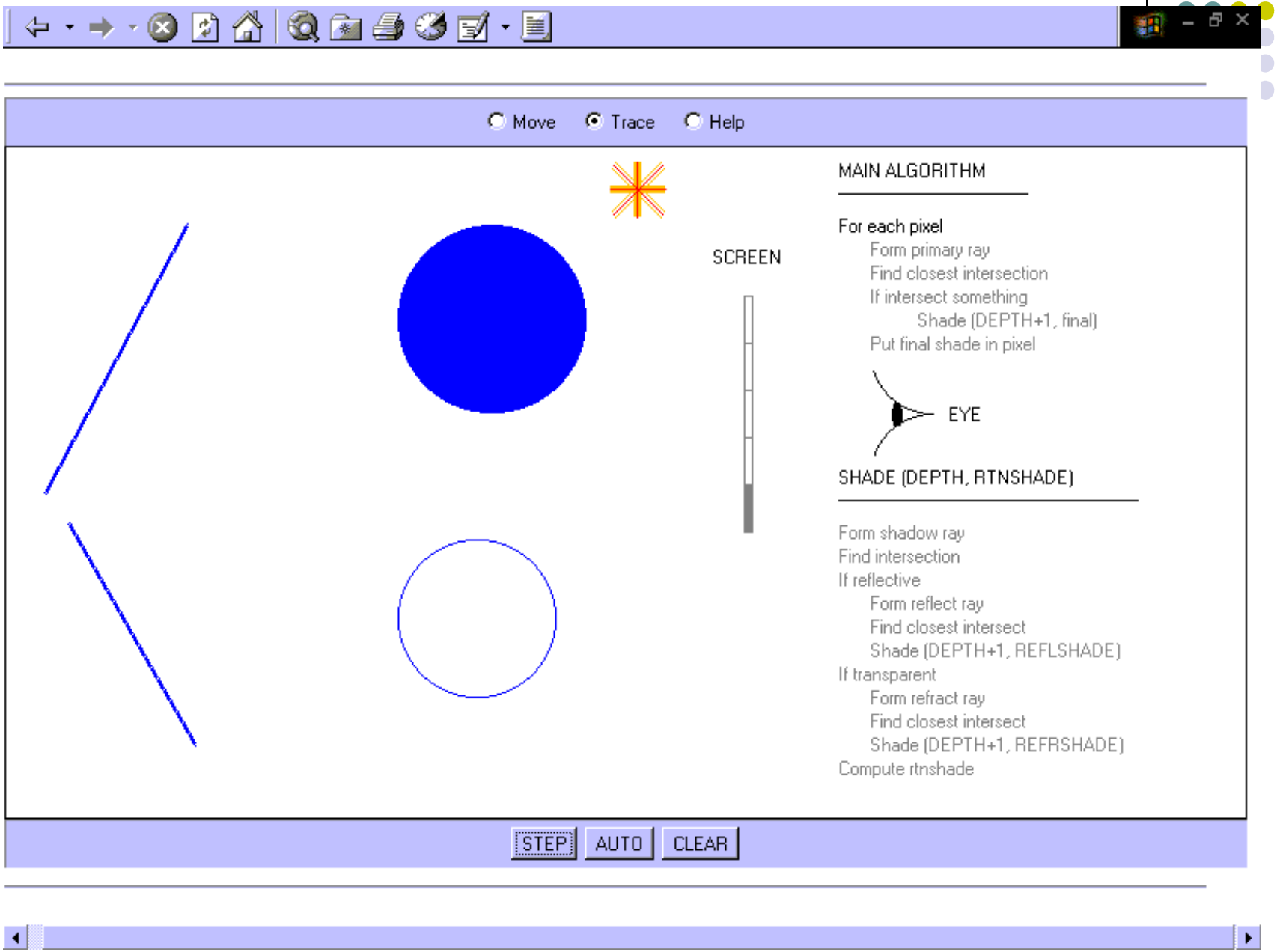
Demonstração



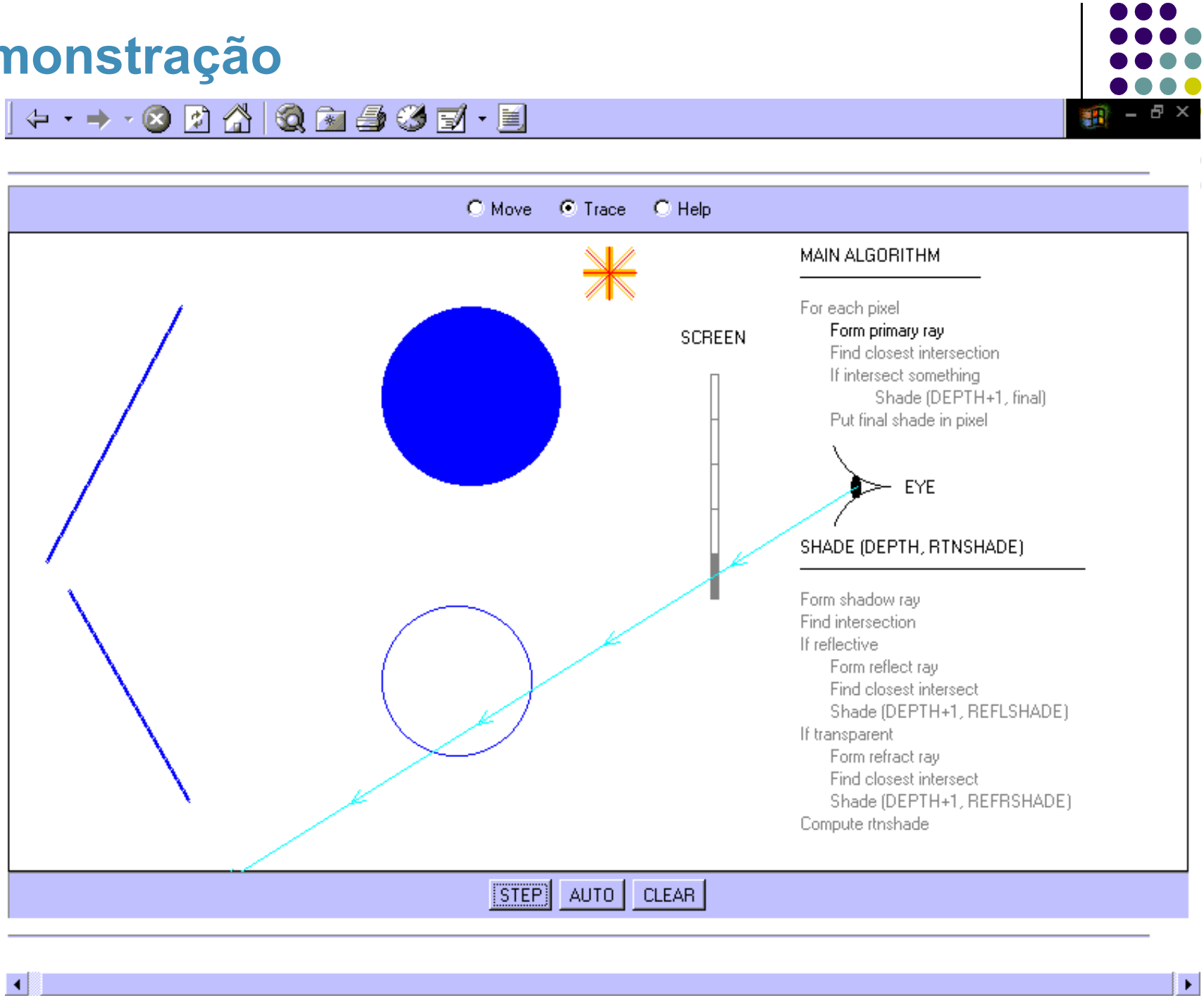
Demonstração



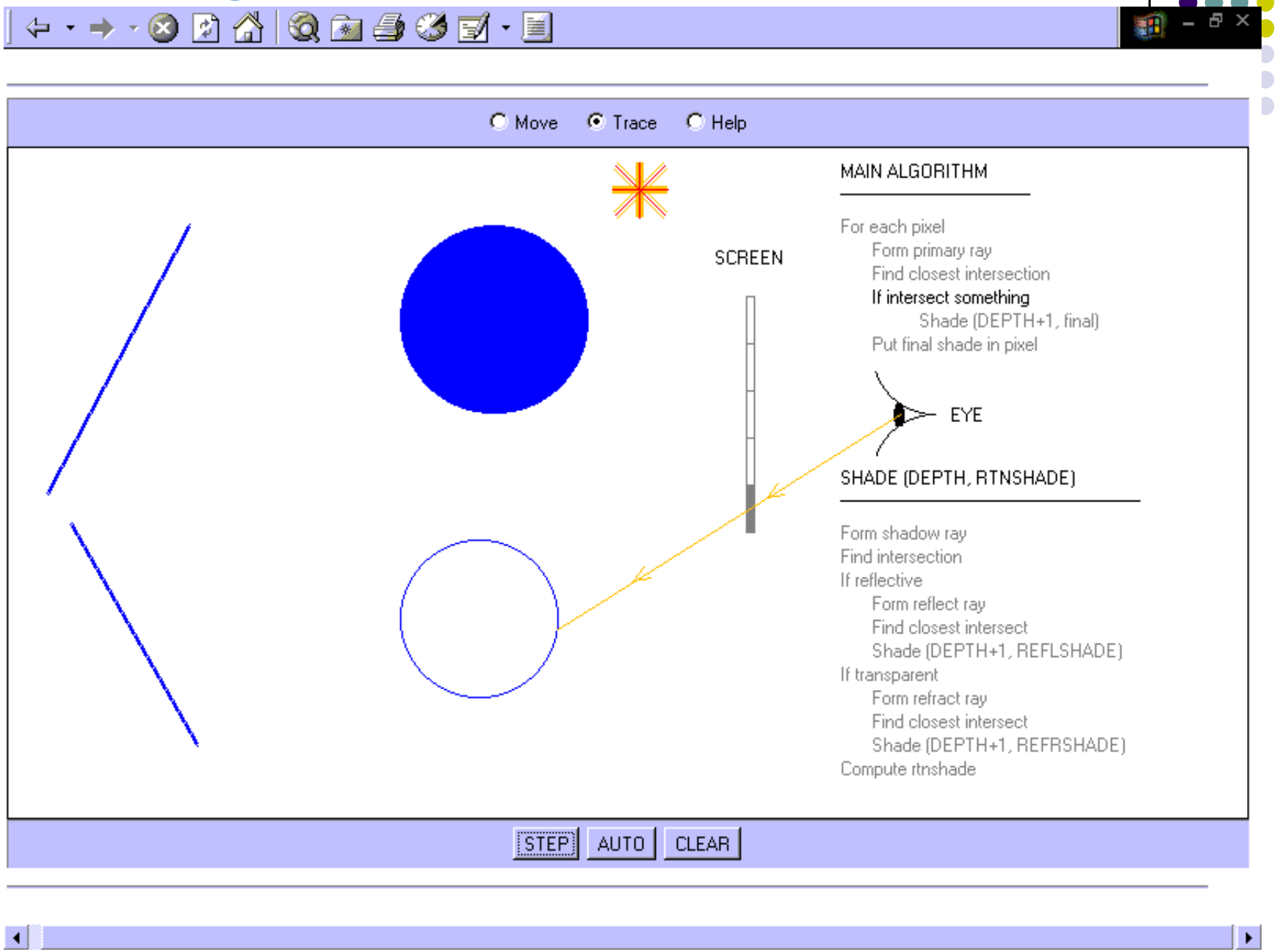
Demonstração



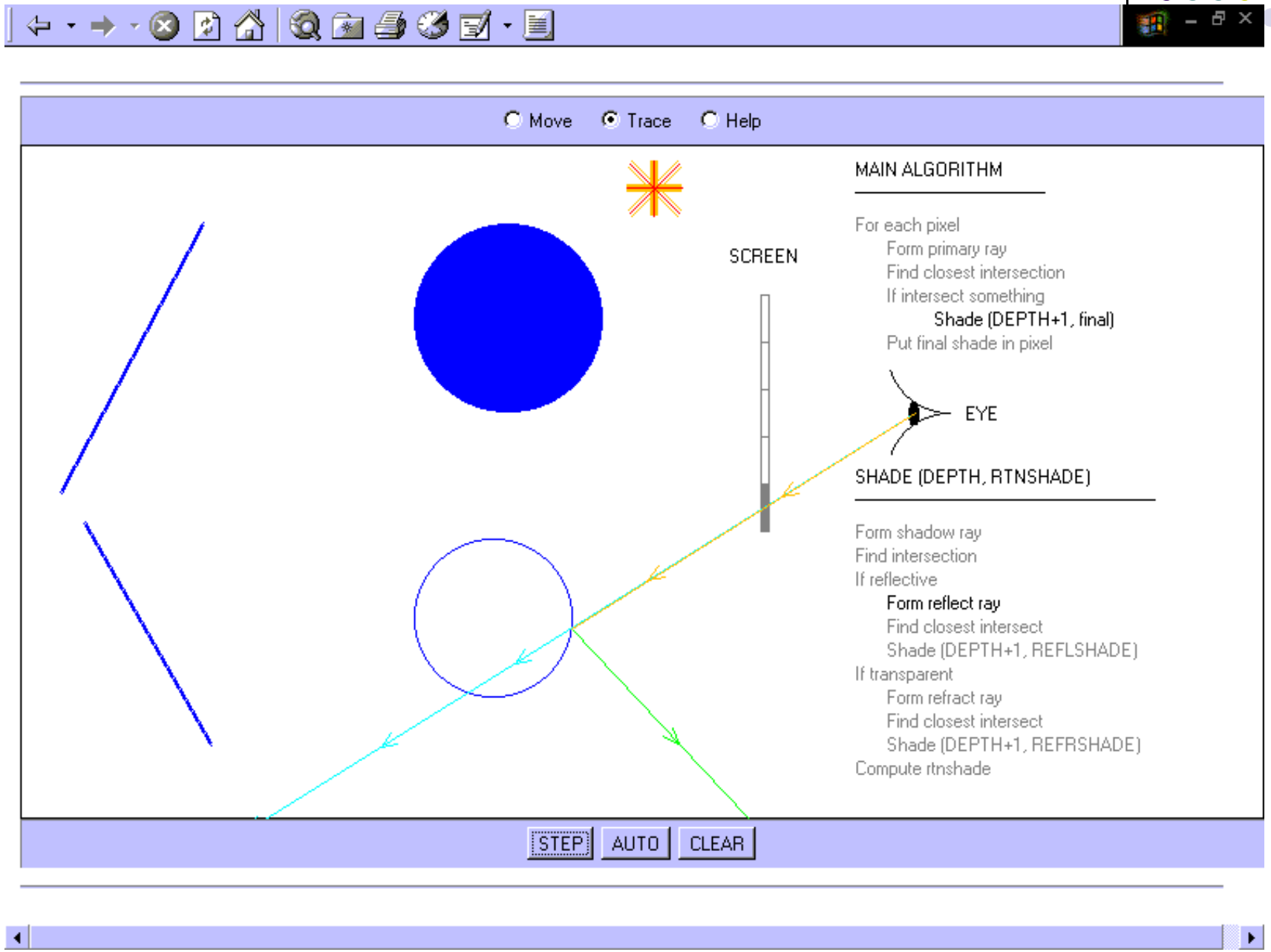
Demonstração



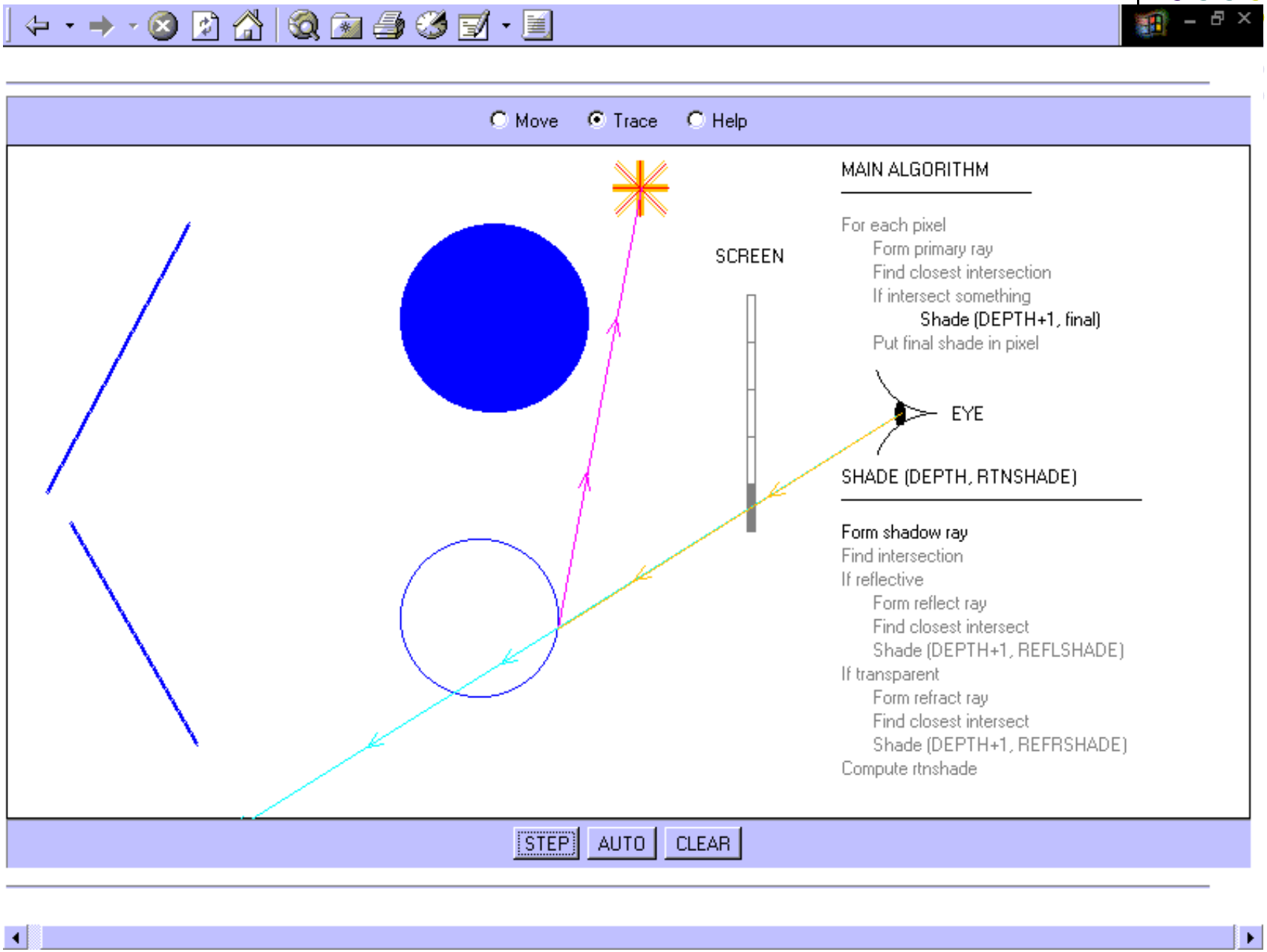
Demonstração



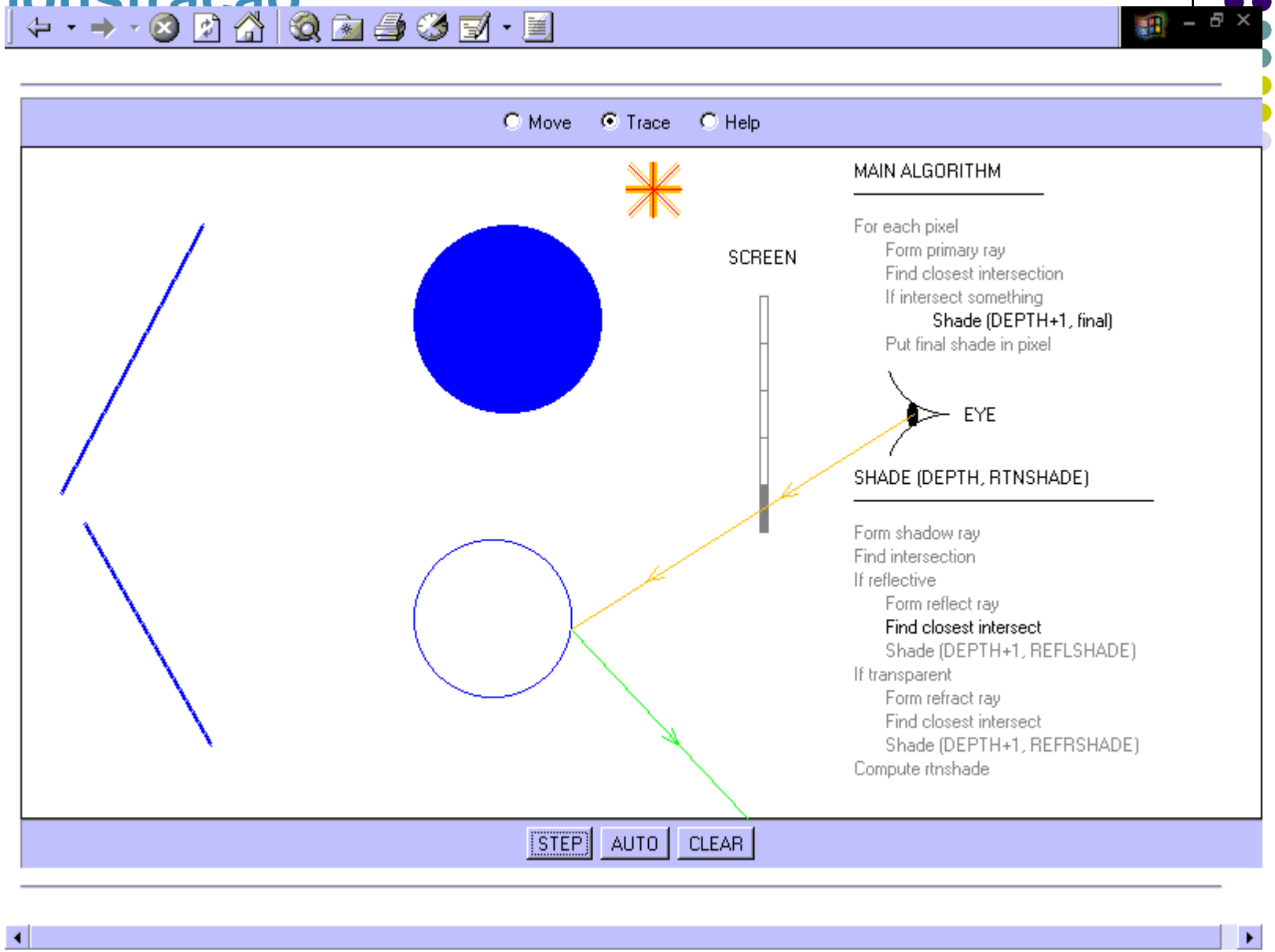
Demonstração



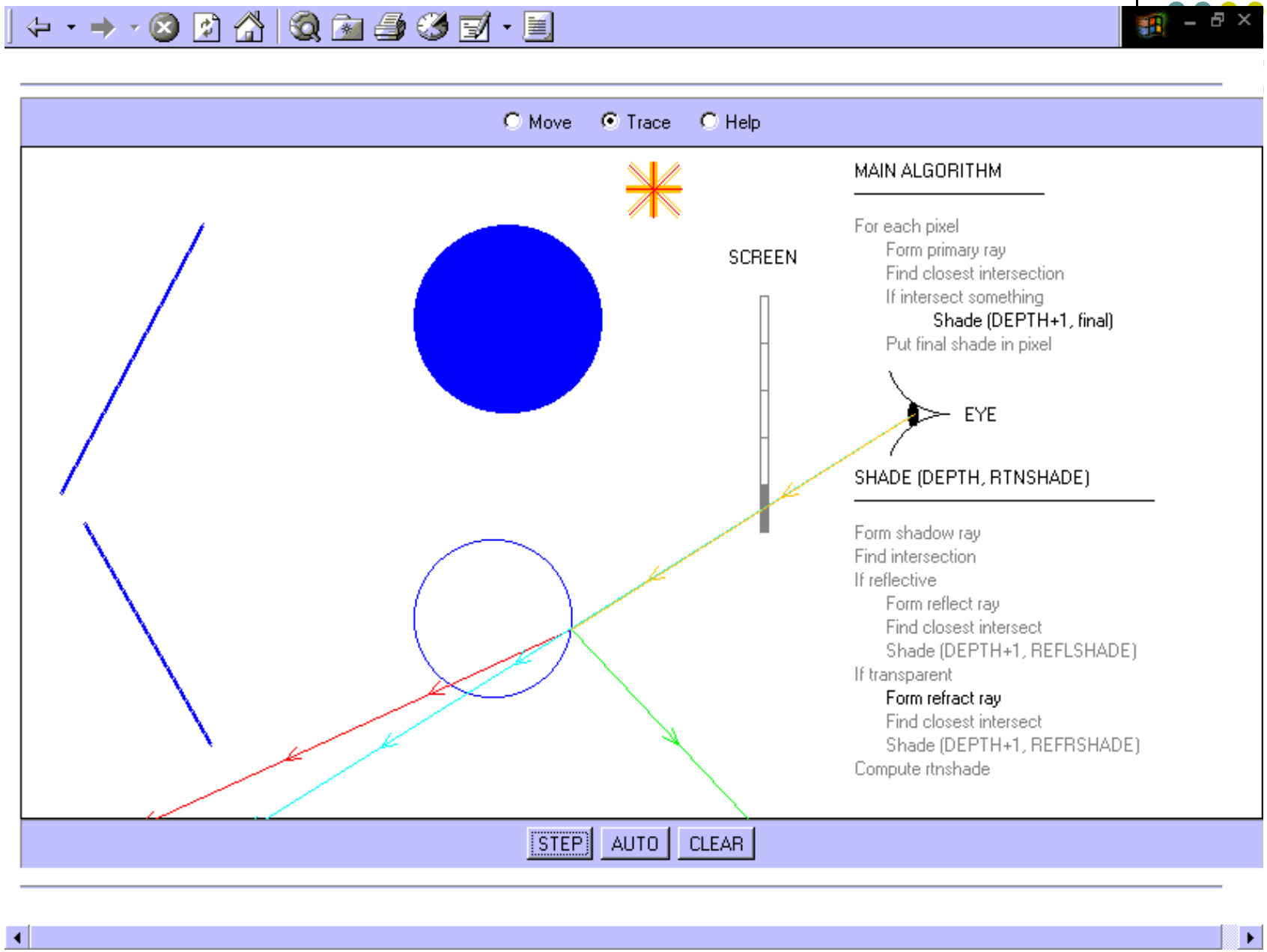
Demonstração



Demonstração



Demonstração



Demonstração