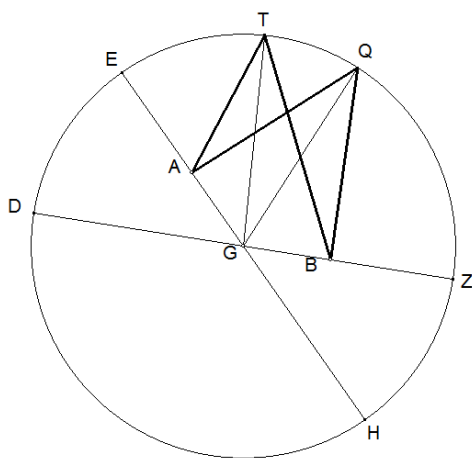


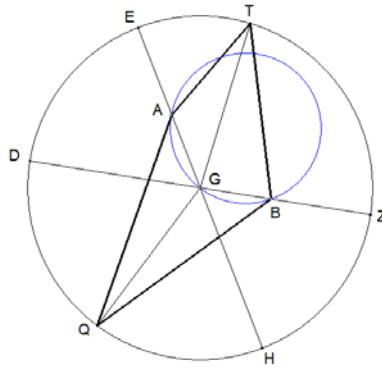
## El problema de Alhacén

### 3.10 Espejos esféricos cóncavos

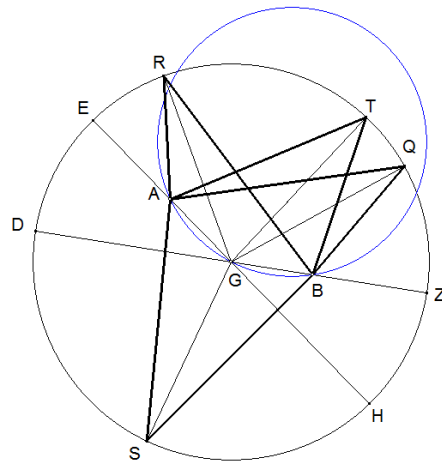
Cuando Alhacén enfrenta el caso de los espejos esféricos cóncavos sugiere el mismo procedimiento que lleva a la solución de los espejos convexos, salvo que ahora considera las dos soluciones que el protocolo arroja. Imaginemos que  $G$  es el centro de un espejo esférico,  $A$  y  $B$  son dos puntos arbitrarios (un objeto y un observador). Sean  $DZ$  el diámetro que contiene a  $B$  y  $EH$  el diámetro que contiene a  $A$ . Si  $T$  y  $Q$  son las soluciones que arroja el protocolo de Alhacén en el mismo arco  $EZ$ , Alhacén demuestra que los respectivos ángulos de reflexión no pueden ser ambos menores que el ángulo  $AGD$  (Alhacén (2006), V, 2.410–2.424). Es decir, si  $\angle ATB < \angle AGD$ , debe ocurrir que  $\angle AQB > \angle AGD$ . El lector puede encontrar un applet diseñado por A. I. Sabra para mostrar soluciones al problema de Alhacén en el caso de los espejos esféricos cóncavos en la siguiente dirección: <http://www.people.fas.harvard.edu/~sabra/applets/>



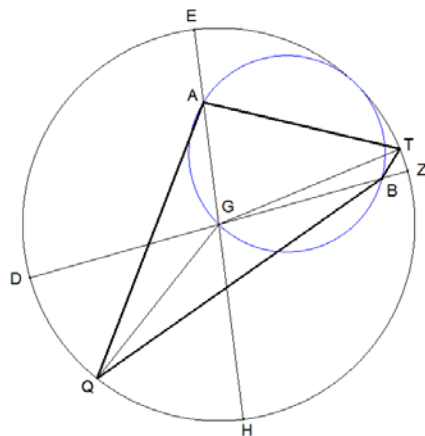
Sea  $G$  el centro de un espejo esférico.  $A$  y  $B$  dos puntos libres (uno de ellos un objeto y el otro un observador). Para evaluar si el problema de Alhacén tiene una, dos, tres o cuatro soluciones, Alhacén pide trazar la circunferencia que pasa por  $A$ ,  $B$  y  $G$ . Esta nueva circunferencia puede no cortar el espejo, cortarlo en dos puntos o hacerlo sólo en un punto. Para cada caso habrá que esperar un comportamiento diferente. Si dicha circunferencia no corta el espejo, hay sólo una solución en el arco  $EZ$  (Alhacén (2006), V, 2.472–2.474).



Si dicha circunferencia corta al espejo en dos puntos, puede haber hasta cuatro (no más) soluciones diferentes:  $Q$ ,  $R$ ,  $S$ ,  $T$ . (Alhacén (2006), V, 2.476–2.486)



Si la circunferencia sólo corta en un punto al espejo, habrá sólo dos soluciones:  $T$  y  $Q$  (Alhacén (2006), V, 2.475).



**Consultar archivos: (i) *Cóncavos* y (ii) *Cóncavos (un solo corte)***  
**Requerimientos: Cabri II-plus**