

## **Medir o perímetro da Terra**

Mireille Hartmann

Tradução: Sílvia Duarte

### **Uma experiência muito simples, um projecto de múltiplas facetas**

Pode parecer muito grandiosa mas, segundo Eratóstenes, a medição da Terra é simples de reproduzir pelos alunos. Na verdade, o procedimento pode-se resumir desta forma: coloca-se uma vara vertical ao sol, mede-se a sua sombra quando o astro está no ponto mais alto do céu, deduz-se o ângulo que os raios solares fazem com a vertical, depois partilha-se o resultado com o resultado de um correspondente situado numa outra latitude. Em seguida, alguns traçados geométricos e uma regra de três simples permitem avaliar o comprimento do meridiano terrestre.

Como veremos mais tarde, pouco importa se os dois parceiros estão ou não situados no mesmo meridiano: basta-lhes fazer, no mesmo dia, uma anotação à mesma hora solar – na ocorrência de um meio-dia solar. O ideal seria terem entre eles uma grande diferença de latitude, sendo o mínimo requerido de  $4^\circ$ , para que o mínimo afastamento nas suas anotações não traga muitas consequências no cálculo final.

Longe de ser uma experiência isolada, a medição do perímetro da Terra constitui um verdadeiro projecto, no qual várias disciplinas – história, geografia, astronomia, física, tecnologia, matemática – se entrecruzam e entram em ressonância. Juntemos a isto que a língua, tanto oral como escrita, suporta todas as actividades, em particular aquelas que dizem respeito ao procedimento experimental.

### **Colocar-se no lugar de Eratóstenes**

Mais de vinte e dois séculos depois do acontecimento histórico, as crianças são convidados a imitar o ilustre sábio grego para viverem uma aventura semelhante. No entanto, os percursos possíveis são muito diversificados, em função da idade e da motivação dos alunos, da importância do grupo, do tempo que queremos (ou podemos) consagrar a este projecto, sem esquecer os caprichos da meteorologia... Sejam quais forem as actividades privilegiadas, será preciso estar atento para não perder o fio condutor, o que permitirá cruzar uma a uma as etapas essenciais. O percurso efectuar-se-á, então, em cinco grandes etapas que se encadearão umas nas outras de forma linear (como o Nilo ramificando-se para formar um delta, este fio condutor desdobrar-se-á, contudo, aqui e ali para indicar algumas das inúmeras oportunidades que se apresentarão ao longo do caminho e, claro a diversidade das

respostas trazidas pelos nossos potenciais aventureiros e as suas sugestões, muitas vezes inesperadas, virão igualmente desviar o curso das coisas).

Reencontrar as observações feitas em Siena e Alexandria.

Tudo vai começar pela narração das observações feitas em Siena num dia de solstício de Verão, depois passamos à narração, mais detalhado, das observações feitas num mesmo dia em Alexandria por Eratóstenes, que queria estabelecer comparações entre a ausência de sombra de um lado e uma sombra suposta pequena do outro. Tratar-se-á então, para os alunos, de reproduzir este fenómeno com a ajuda de um simulação: utilizarão um simples mapa do Egipto – com uma “caneta-obelisco” colocada em Alexandria e um “tampa-poço” plantada em Siena – primeiro iluminarão com um candeeiro eléctrico, depois irão colocá-lo directamente ao sol (ou vice-versa). Para obter uma sombra curta em Alexandria iluminando o fundo da tampa, as crianças não terão outra escolha senão colocar a lanterna num ponto mais alto ou encurvar o mapa ao sol. A confrontação das duas experiências fá-los-á pressentir a curvatura da superfície terrestre e o paralelismo dos raios solares (duas particularidades fundamentais no raciocínio do sábio).

Entretanto, as crianças já se terão documentado sobre o Egipto antigo e o seu período helenista. Alguns apaixonar-se-ão pelos hieróglifos e pelo alfabeto grego, outros procurarão na Internet como se concebia antigamente a forma da Terra ou qual a extensão do mundo conhecida naquela época. De seguida, depois de ter verificado o paralelismo dos raios solares com a ajuda de novas experiências (por exemplo, as sombras de alguns parafusos levantados serão divergentes se usarmos uma lanterna, enquanto que com o Sol serão paralelas), os alunos trabalharão sobre a noção de direitas paralelas. Procurarão igualmente saber mais sobre a sombra e a luz com a ajuda de pequenas “manipulações” que serão bastante lúdicas, tais como aumentar, diminuir ou fazer girar à vontade a sombra de um objecto, ou “reenviar” o Sol com pequenos espelhos, etc.....: fá-lo-ão com croquis explicativos, o que os levará à esquematização necessária dos raios luminosos.

### **Descobrir o meio-dia solar.**

Tendo as observações de Eratóstenes ocorrido num determinado momento do dia, o meio-dia solar, as crianças quererão saber o que caracteriza este momento e sobretudo, se coincide com o meio-dia dos seus relógios. Para isto, eles identificarão durante o dia a evolução da sombra, com um simples lápis colocado “de pé” ao sol.

Eles constatarão que a sua sombra gira e muda de comprimento, que ela passa por um mínimo e que nesse momento – que não é o meio-dia do seu relógio, apesar de se situar na meia jornada – a sombra aponta para o norte: está aí efectivamente a dupla “assinatura” do meio-dia solar. As crianças deduzirão que é o momento em que o Sol culmina e que se situa então direito em direcção ao sul.

As anotações sobre a sombra, efectuadas regularmente ao longo de um dia, podem proporcionar a organização de jogos de simulação com a ajuda de uma lanterna: tratar-se-á de substituir a sombra do lápis com traçados sucessivos para reproduzir o curso do Sol. Em seguida, um candeeiro, desta vez fixo – iluminando uma vara sobre uma bola em rotação permitirá fazer o modelo, mas também verificar que no momento em que a sombra está mais curta, ela aponta efectivamente para o Pólo Norte da bola (página 13).

Por outro lado, as anotações de sombra efectuadas por várias vezes, durante o ano, evidenciarão a evolução da trajectória do Sol ao longo das estações. A utilização de uma bússola permitirá identificar, de manhã cedo e ao fim da tarde como variou, desde as identificações precedentes da direcção do Sol, em relação aos dois pontos cardinais de referência – o este e o oeste. Por outro lado, constataremos que o Sol culmina invariavelmente em direcção ao sul (segundo as nossas latitudes).

### **Medir o ângulo dos raios solares**

Como Eratóstenes em Alexandria (mas sem esperar o dia do solstício de Verão porque a experiência pode acontecer em qualquer data), as crianças deverão avaliar no momento do meio-dia solar, o ângulo que os raios solares formam com a vertical. Para obter uma melhor precisão, vão substituir o seu lápis por uma haste de um gnómon (antepassado dos quadrantes solares) que terão realizado e regulado convenientemente.

Muito rica no plano tecnológico, esta etapa permitirá abordar noções essenciais. Em primeiro lugar, os alunos irão improvisar gnómones e testá-los. Constatando a disparidade dos resultados obtidos durante as anotações da sombra feitas à mesma hora, eles compreenderão a necessidade de todas as hastes estarem bem verticais e as plataformas bem horizontais. Trabalharão, então, sobre a noção de vertical e horizontal de um lugar, aprenderão a regular bem os seus gnómones, e depois interessar-se-ão pelo facto de que as verticais à escala da Terra se juntam no seu centro. Seguidamente, irão apropriar-se, de forma concreta, das noções de ângulo e medição de ângulo, noções delicadas, mas que podemos tornar acessíveis

utilizando reguladores articuladas e semicírculos graduados antes de recorrer ao transferidor.

### **Avaliar o ângulo no centro da Terra**

Eratóstenes tinha compreendido que o ângulo dos raios solares medido em Alexandria encontrava-se no centro da Terra (a partir do facto do paralelismo dos raios e da sua verticalidade em Siena). Uma vez avaliado o ângulo dos raios solares, será preciso que as crianças possam compará-lo ao do seu correspondente que, no mesmo dia e à mesma hora solar (será meio-dia para cada lugar...) terá feito a sua própria medição. É a diferença entre estes dois ângulos que fornecerá o valor do ângulo formado no centro da Terra, pelas duas verticais dos locais.

Aqui convém dar algumas precisões sobre a forma como os alunos vão poder integrar a célebre figura feita por Eratóstenes. Graças a tudo o que eles terão adquirido desde o início do projecto, serão então capazes de, numa sessão colectiva, descobrirem eles-próprios, passo a passo, como esta figura foi elaborada. Em seguida, depois de a ter traçado muito cuidadosamente, eles poderão verificar – com a ajuda de decalques ou gabaritos – o que observaram, isto é a igualdade dos dois ângulos “gémeos” (os dois ângulos alternos internos), que é a chave do raciocínio de Eratóstenes. E uma vez que tenham compreendido como vai evoluir esta figura num outro dia do ano, e depois de estabelecido o paralelismo entre os seus resultados e aqueles da escola parceira, eles descobrirão, com a ajuda de um decalque, a equivalência do ângulo no centro da Terra.

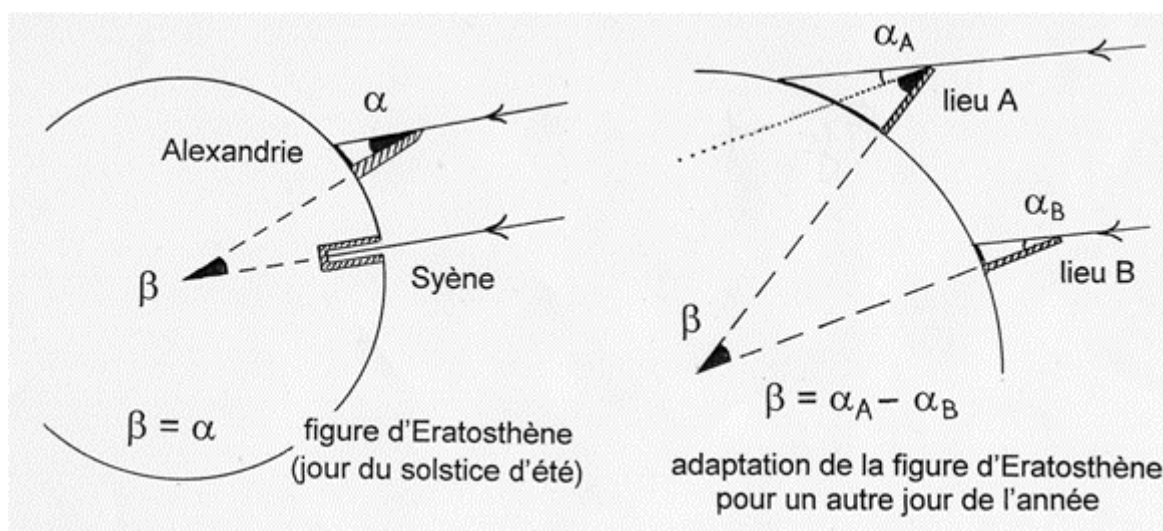
### **Calcular o comprimento do meridiano**

O sábio grego considerava que a distância de Alexandria a Siena representava uma porção de meridiano terrestre e que avaliando-o, poderia calcular de seguida a totalidade do meridiano graças à relação entre o ângulo no centro da Terra e os  $360^\circ$  do círculo inteiro. Observando a figura de Eratóstenes, as crianças vão comparar o “arredondamento da Terra” a um “bolo” enorme do qual teríamos cortado uma «parte» delimitada pelo ângulo ao centro. Eles compreenderão que calculando o número de partes idênticas que poderíamos cortar no bolo e multiplicando-o pelo arco formado por uma das partes, obteremos a volta do bolo inteiro.

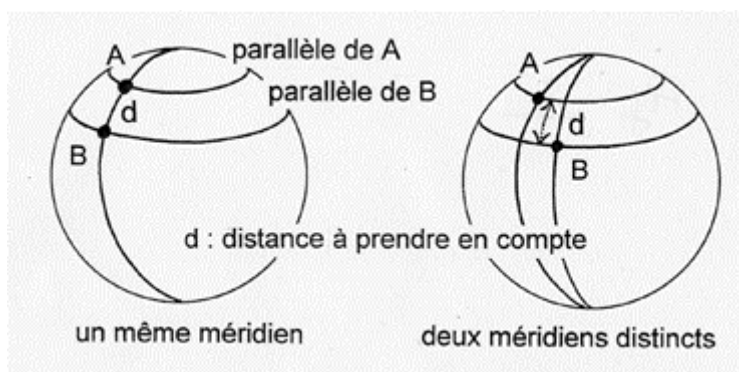
Somente, depois de ter identificado no globo terrestre a sua posição e a do seu correspondente, eles irão constatar que estão situados, certamente, em dois meridianos diferentes... Será preciso, então, avaliar, não a distância que separa os dois lugares, como o fez Eratóstenes, mas a distância entre os paralelos dos lugares, distância esta que representa nem mais nem menos do que um fragmento

de meridiano. Multiplicando esta distância pelo número obtido e dividindo  $360^\circ$  pelo ângulo no centro da Terra, as crianças obterão, enfim, a medida do meridiano terrestre!

Além de apresentar uma coloração matemática, esta última etapa poderá ser enriquecida com várias actividades, por exemplo, antes de falar de coordenadas geográficas, abordaremos de forma concreta a noção de identificação num mapa, num cilindro, numa esfera, depois faremos com que os alunos descubram, iluminando várias varas sobre uma bola em rotação, as noções de meridianos e paralelos. Colocando, em seguida, duas varas num mapa-mundo, as crianças irão colocar em evidência o que é o fuso horário, assim como o fenómeno das estações e a sua inversão de um hemisfério ao outro, e mesmo a noção de trópico.



Figuras obtidas por Eratóstenes, uma a 21 de Junho e a outra noutro dia do ano.



Dois globos com meridianos e paralelos, e distância a ter em conta entre os dois parceiros

### Crónica de uma bela aventura partilhada

Graças a este projecto cooperativo lançado em Setembro de 2000, milhares de alunos em todo o mundo já fizeram a medição da Terra segundo o método de Eratóstenes. Dispondo de um meio, a Internet, que o sábio genial não tinha à sua

disposição, eles puderam facilmente comunicar entre eles, trocando, além das suas coordenadas geográficas, as suas ideias de “manipulações”, as suas tentativas, as suas anotações das medições, as suas foto-reportagens e claro, os resultados dos seus cálculos.

Todos os anos a 21 de Junho, encerram o seu projecto de maneira festiva: neste dia, todas as turmas implicadas participam na medição histórica em parceria com (perdoem ser pouco) escolas egípcias. Imaginem o júbilo de todas estas crianças quando, diante de um ecrã de computador, assistem praticamente em directo ao desaparecimento da sombra de uma vara plantada no pátio de uma escola no Assuão, e depois à sua reaparição no oposto... as equipas comunicam em seguida os seus resultados, os quais são muitas vezes muito honoráveis e por vezes ainda melhores que os de Eratóstenes!

Outro ponto notável é o impacto muito positivo que o próprio procedimento experimental produz sobre estes jovens investigadores, em especial sobre os que revelam dificuldades escolares: encontrando a ocasião para provar não só as capacidades de invenção, de desembaraço e de habilidade manual, mas também de exercer o seu sentido de entreajuda – qualidades reconhecidas e apreciadas pelos seus pares – estas crianças ganham confiança entre si e progridem seguidamente nos outros domínios.

Então, boa viagem a todos os que seguem os passos de Eratóstenes!