

DE 6 A 11 ANOS - PARA O PROFESSOR

Os aviões que falam: um curso de ciências para o fundamental I em quatro aulas

Este é o curso tal como o professor precisa conhecê-lo: a ciência explicada um nível mais fundo do que a turma vai ouvir, a ordem em que as ideias precisam vir, o que dizer aos seis anos e o que acrescentar aos dez, as demonstrações que sustentam cada ideia e por que funcionam, e as ideias erradas que as crianças trazem consigo. Quatro aulas de cerca de 50 minutos, geralmente distribuídas em duas semanas.

Aprender - <https://radar.dataero.eu/pt-br/learning/ages-6-11> 2026-10-22

SUMÁRIO

Antes de começar: o que o curso ensina e por que vale quatro aulas

AULA 1 O céu movimentado e o avião que fala

AULA 2 Luz invisível: o que carrega a mensagem

AULA 3 Orelhas de metal e a Terra redonda: como a mensagem é capturada, e de que distância

AULA 4 O mapa: como muitas orelhas formam uma só imagem

Avaliação: eles conseguem contar a história?

A SEGUIR Um receptor no telhado da escola

Antes de começar: o que o curso ensina e por que vale quatro aulas

Todo avião de passageiros nos céus da Europa transmite, cerca de duas vezes por segundo, uma curta mensagem de rádio com a sua identidade, a sua posição, a sua altitude e a sua velocidade. O sistema se chama ADS-B e, desde 2020, é obrigatório para a maioria das aeronaves. Os controladores de tráfego aéreo dependem dele; os mapas de voos ao vivo de qualquer celular também. Para uma turma do fundamental I, é um assunto quase perfeito, porque liga coisas sobre as quais as crianças já se perguntam, os aviões que veem e ouvem, à física que o currículo pede que você ensine: que luz e som são coisas de tipos diferentes, que a luz viaja em linha reta, que as ondas têm um comprimento, que a Terra é uma esfera e isso tem consequências visíveis, que a informação pode ser codificada e enviada, e que um mapa é feito de medições. O assunto é real e atual; nada nele é um modelo de brinquedo.

O curso segue a lógica do próprio sistema, porque essa lógica é também a ordem certa de ensino. Primeiro a turma precisa entender que o céu está cheio de um tráfego rápido e invisível que alguém precisa acompanhar. Depois, que cada aeronave sabe onde está e diz isso, repetidamente, em uma mensagem de quatro partes. Depois, que a mensagem viaja como uma onda de rádio, e que uma onda de rádio é uma forma de luz. Depois, que uma antena a captura, e que a Terra redonda limita a distância. Por fim, que muitas antenas juntas constroem o mapa. Cada aula acrescenta um elo a essa cadeia, e a cadeia é o que você avalia no final: a criança consegue contar a história da aeronave até o mapa, em ordem, com as razões certas?

Você não precisa de nenhuma formação em aviação ou rádio. Cada aula abaixo começa com a ciência tal como você precisa entendê-la, um nível mais fundo do que a turma vai chegar, para que você consiga responder à pergunta por trás da pergunta. Se quiser o relato completo para adultos, o curso de referência na página inicial tem doze capítulos; os que mais importam para esta faixa etária são os capítulos 3, 6 e 7. Duas coisas devem ser mantidas claramente em mente o tempo todo, porque são os dois pontos em que os adultos mais frequentemente ensinam algo falso. Rádio não é som; é luz de uma cor que os nossos olhos não enxergam, e a diferença é o coração da aula 2. E a aeronave não é "vista pelos satélites" nem "encontrada pelo radar" neste sistema: ela calcula a própria posição escutando os satélites e depois a anuncia. Ninguém encontra o avião. O avião conta.

Sobre a diferenciação: o curso é escrito para toda a faixa de 6 a 11 anos, e o texto de cada aula diz onde as pontas mais nova e mais velha se separam. Em linhas gerais, uma turma de seis a oito anos deve ficar com a história, a dramatização, a corda e o mapa, e deve sair capaz de dizer "os aviões mandam uma mensagem numa onda, uma antena captura, e isso faz o mapa". Uma turma de nove a onze anos aguenta os números (duas vezes por segundo, 300.000 quilômetros por segundo, uma onda de 27 centímetros, um horizonte de 400 quilômetros), a ideia de que a mensagem é feita de respostas de sim ou não, e o raciocínio sobre o horizonte, e deve sair capaz de explicar por que cada etapa é necessária.

AULA 1

O céu movimentado e o avião que fala

A ciência de que você precisa

Um avião de passageiros em altitude de cruzeiro está a cerca de dez quilômetros de altura e se move a aproximadamente 900 km/h, o que dá 250 metros a cada segundo. Nessa altura, ele é difícil de ver e impossível de avaliar: uma criança que avista um brilho ou um rastro de condensação não tem como dizer a que distância ele está, a que altura, nem para onde vai, e um piloto olhando para outra aeronave também não. Sobre uma cidade belga, quase sempre há várias aeronaves no céu ao mesmo tempo, a maioria passando em altitude a caminho de outros países. Para mantê-las separadas, o controle de tráfego aéreo precisa da posição, da altura e da direção de cada aeronave, continuamente. As regras de separação são simples: no espaço aéreo que os controladores administram, as aeronaves precisam estar a pelo menos 300 metros de distância na vertical ou a vários quilômetros na horizontal.

Durante a maior parte do século passado, o jeito de saber onde as aeronaves estavam era o radar: uma grande antena giratória que emite um pulso de rádio e escuta o eco fraco. O radar ainda existe, mas o sistema de que trata este curso inverte o problema. Toda aeronave moderna leva um receptor de navegação por satélite, a mesma tecnologia dos mapas de um carro ou de um celular, e por isso sempre sabe a própria posição com erro de poucos metros. Ela também leva um pequeno rádio chamado transponder. O ADS-B simplesmente junta os dois: cerca de duas vezes por segundo, o transponder envia uma mensagem curta contendo a identidade da aeronave, a sua posição vinda dos satélites, a sua altura e a sua velocidade e direção. A mensagem sai automaticamente, sem ninguém pedir e sem ninguém em particular como destinatário: é uma difusão, como uma estação de rádio, e qualquer pessoa com o receptor certo pode ouvi-la. É isso que as letras significam: Automatic (ninguém a dispara), Dependent (depende do equipamento da própria aeronave para estar certa), Surveillance (o propósito é saber onde as aeronaves estão), Broadcast (enviada a todos).

A mensagem em si é digital. Um transponder não consegue enviar letras ou números diretamente; ele só consegue enviar um pulso ou nenhum pulso, e por isso a mensagem é uma sequência de 112 respostas de sim ou não, cada uma durando um milionésimo de segundo, cujo significado todos combinaram de antemão. O primeiro grupo delas, com 24 respostas, é o código de identidade permanente da aeronave, dado a ela quando é registrada, um pouco como uma placa de carro que nunca muda. O resto carrega a posição, a altura, a velocidade ou o indicativo de chamada do voo, dependendo do tipo de mensagem. As últimas 24 respostas são uma verificação: quem escuta faz uma conta fixa sobre a mensagem e compara o resultado com a verificação, e se discordarem, algo se embaralhou no caminho e a mensagem é jogada fora. Isso importa, porque sobre um aeroporto movimentado muitas aeronaves falam ao mesmo tempo e as suas mensagens às vezes se sobrepõem. A altura na mensagem não é medida por satélite, mas a partir da pressão do ar do lado de fora da aeronave, que cai de modo constante conforme se sobe; é pela mesma razão que os ouvidos estalam num elevador ou num túnel de montanha, e as crianças mais velhas gostam da conexão.

Como ensinar

Comece pelo céu, não pelo sistema. Pergunte quem viu um avião esta semana, onde, a que altura acha que ele estava, e como um piloto poderia saber onde está sem estradas. Deixe os palpites correrem; "o piloto olha pela janela" e "tem um mapa" vão aparecer, e os dois estão meio certos. Depois coloque o mapa ao vivo no projetor, aproximado até a cidade, e contem as aeronaves juntos. A diferença entre o que a turma esperava e o que o mapa mostra é o gancho de todo o curso, e vale a pena se demorar nela: cada um daqueles símbolos é uma aeronave que está falando agora mesmo.

Agora conte a história central de uma só vez, porque as crianças lembram melhor de uma história do que de uma definição: o avião sempre sabe onde está, porque escuta satélites muito acima dele; e duas vezes a cada segundo ele grita, para ninguém em particular, "este sou eu, aqui estou, a esta altura, a esta velocidade". Ninguém pediu. Ele nunca para. E todo mundo com o tipo certo de orelha consegue ouvir. Com crianças de seis a oito anos, essa frase, repetida e depois encenada, é a aula. Com crianças de nove a onze, vá um passo além e explique que o grito é feito de respostas de sim ou não, que 24 delas soletram o nome do avião, e deixe que descubram (com ajuda) que 24 respostas de sim ou não dão cerca de 17 milhões de nomes diferentes, mais do que o suficiente para toda aeronave já construída. O ponto a fixar é que o avião não é "vigiado": ele conta. Diga das duas maneiras, "ninguém encontra o avião, o avião se anuncia", porque a ideia oposta está profundamente enraizada e vai ressurgir na aula 4.

A demonstração é o jogo da torre de controle, e é a meia hora mais valiosa de todo o curso. Cole uma grade no chão com fita, cinco quadrados por cinco, com letras de um lado e números do outro. Metade da turma são aeronaves; cada uma tem um cartão com um indicativo de chamada, uma altura e uma velocidade. Elas atravessam a grade devagar, e a cada poucos passos cada uma anuncia a sua mensagem em voz alta: "DTA12, quadrado C3, dez mil metros, rápido". A outra metade é a torre de controle, cada um com uma cópia da grade em papel, e eles precisam desenhar cada aeronave onde ela diz que está. Depois troquem. Depois, e esta é a parte que ensina, repitam com as aeronaves autorizadas a falar apenas uma vez por minuto. Os desenhos das torres desmoronam; as aeronaves mudaram de quadrado antes que alguém soubesse. Pergunte à turma por que os aviões de verdade falam duas vezes por segundo, e eles vão dizer a você.

Com o grupo mais velho, acrescente uma segunda variação: duas aeronaves anunciam exatamente no mesmo instante, e a torre precisa registrar o que ouviu. Terá ouvido uma confusão. Explique que é por isso que a mensagem real tem uma verificação no fim: uma mensagem confusa falha na verificação e é descartada, e o avião se repete meio segundo depois de qualquer modo. As crianças que foram a torre entendem na hora por que tanto a repetição quanto a verificação são necessárias.

O que as crianças entendem errado, e o que dizer

A ideia errada mais comum é que os satélites olham para baixo e veem os aviões, ou que o radar os encontra. A imagem correta é que o avião escuta os satélites para se localizar, e depois fala. Um jeito útil de colocar: o satélite é como o sino de uma igreja batendo as horas; ele diz a hora a todos, mas não faz ideia de quem está ouvindo. A segunda ideia errada é que o piloto envia a mensagem. Ninguém envia; o transponder a envia sozinho desde o momento em que a aeronave começa a se mover. A terceira é que a mensagem vai para "o aeroporto". Ela vai para todos: as outras aeronaves também escutam e a usam para se manter afastadas umas das outras, assim como qualquer antena em qualquer telhado, que é onde a aula 4 vai terminar.

AULA 2

Luz invisível: o que carrega a mensagem

A ciência de que você precisa

A mensagem sai da aeronave como uma onda de rádio, e a única ideia que esta aula precisa estabelecer, porque toda a física do ensino médio se constrói sobre ela, é que uma onda de rádio e um feixe de luz são o mesmo tipo de coisa. Ambos são ondas eletromagnéticas: ondulações de força elétrica e magnética viajando pelo espaço, sem precisar de ar ou de material para carregá-las, à velocidade da luz, que é muito próxima de 300.000 quilômetros a cada segundo. O que faz uma dessas ondulações ser luz vermelha, outra azul, outra uma onda de rádio, é apenas a rapidez com que ela oscila, a sua frequência. Os nossos olhos respondem a uma faixa estreita de frequências, que experimentamos como as cores do vermelho ao violeta. O rádio oscila muito mais devagar, e por isso os olhos não o enxergam, exatamente como os ouvidos não ouvem um apito de cachorro. A mensagem da aeronave é enviada numa frequência de 1.090 milhões de oscilações por segundo, o que é muito rápido para os padrões humanos e muito lento para os da luz: a luz verde oscila cerca de meio milhão de vezes mais rápido.

Como toda onda eletromagnética viaja à mesma velocidade, a frequência fixa o comprimento de onda, a distância de uma crista à seguinte: em um segundo a onda percorre 300.000 km e completa f oscilações, de modo que cada oscilação ocupa 300.000 km divididos por f . Para a onda da aeronave, isso dá 27,5 centímetros, mais ou menos o comprimento de uma régua escolar. Para a luz verde, é cerca de meio milésimo de milímetro. Para uma estação de rádio FM, são três metros. Esse número, 27,5 cm, é o que a turma vai reencontrar na aula 3, porque ele decide o tamanho da antena.

A confusão que você precisa evitar é entre rádio e som, e vale a pena entender por que ela é tão comum. Um "rádio", na fala do dia a dia, é uma caixa que faz som, então as crianças (e muitos adultos) supõem que as ondas de rádio são um tipo de som viajando pelo ar. Elas não têm nenhuma relação. O som é uma onda de pressão: moléculas de ar batendo nas vizinhas, que batem nas delas. Ele precisa de um material para se propagar, move-se a cerca de 340 metros por segundo, e no vácuo não há som. O rádio não

precisa de nada e atravessa o espaço vazio entre um satélite e a aeronave; ele viaja quase um milhão de vezes mais rápido do que o som. Se uma aeronave a 20 km faz um barulho e envia uma mensagem no mesmo instante, a mensagem chega até você em cerca de 67 milionésimos de segundo, e o barulho, cerca de um minuto depois. As crianças conhecem esse atraso do trovão e de ver um chute numa bola de futebol distante, e esse conhecimento é o seu melhor aliado.

Como ensinar

Parta do que elas sabem: coisas que existem mas não podem ser vistas nem ouvidas por nós. Apitos de cachorro, a visão que a abelha tem de uma flor, o controle remoto que "manda alguma coisa" para a televisão, o Wi-Fi do prédio. Depois faça a afirmação sem rodeios: a mensagem do avião viaja num tipo de luz que os nossos olhos não enxergam, e uma lanterna e o rádio do avião são primos. Acenda uma lanterna e pergunte onde está a luz dela: em toda a sala, na mesma hora, sem nenhum atraso que alguém pudesse notar. Depois a frase-chave para o grupo mais novo: o rádio é uma cor que os nossos olhos não enxergam, e ele está atravessando esta sala agora mesmo, vindo de cada avião num raio de 400 quilômetros, e não sentimos nada. Muitas crianças acham isso um pouco emocionante, e é verdade.

A demonstração da corda dá corpo à ideia de onda. Em duplas, uma criança segura a corda parada e a outra sacode a ponta livre. Sacudir devagar produz poucas ondas longas e preguiçosas ao longo da corda; sacudir rápido produz muitas ondas curtas. Peça que meçam a distância entre as cristas com uma régua de um metro em cada caso e que notem a regra: quanto mais rápido se sacode, mais curtas as ondas. Isso não é uma analogia frouxa, mas a relação de verdade, porque a velocidade da onda ao longo da corda é fixada pela corda, e por isso frequência e comprimento de onda se compensam exatamente como para a luz. Diga à turma que a onda do avião é do tipo longo e preguiçoso em comparação com a luz, e que de crista a crista ela tem o comprimento de uma régua. Deite a régua no chão ao lado da onda da corda e deixe que vejam. Com o grupo mais velho, escreva a regra: velocidade = frequência vezes comprimento de onda, e deixe que a confirmem na corda contando as sacudidas por segundo e medindo de crista a crista. Depois dê os números da aeronave e deixe que vejam que 300.000 km por segundo divididos por 1.090 milhões por segundo dão 27,5 cm; eles não farão a divisão sozinhos, mas conseguem acompanhá-la no quadro, e isso torna o número deles.

Para separar rádio de som, faça a corrida do mensageiro mais rápido. Uma fila de crianças passa uma palavra sussurrada de uma ponta à outra do pátio; cronometre. Depois pisque uma lanterna de uma ponta e peça que a outra ponta levante a mão; nenhum atraso mensurável. Discutam o porquê: o som precisa ser passado de cada pedacinho de ar ao seguinte, como o sussurro de criança em criança, e isso leva tempo; a luz não precisa de ninguém para passá-la adiante. Então, e este é o momento de ser explícito, diga que a mensagem de rádio do avião é como a lanterna, não como o sussurro, e que o barulho do motor de um avião que você ouve é como o sussurro, chegando muito depois de o avião ter seguido adiante. Ao grupo mais velho podem ser dados os números, 340 metros por segundo contra 300.000 quilômetros por segundo, com a pergunta de quantas vezes a luz é mais rápida; a resposta, quase um milhão, é satisfatória.

O que as crianças entendem errado, e o que dizer

A confusão com o som foi tratada acima e vai precisar ser repetida nas aulas 3 e 4; espere que "a antena ouve o avião" escorregue de volta para "a antena ouve o barulho". Uma segunda confusão é que as ondas de rádio estão "no ar" do jeito que os cheiros estão, flutuando por aí; elas não são carregadas pelo ar de modo algum e viajariam igualmente bem pelo espaço vazio. Uma terceira, do grupo mais velho, é pensar que sacudir mais rápido faz a onda viajar mais rápido; não faz, faz as ondas mais curtas, e a corda mostra isso se você deixar que observem uma única crista viajar. Por fim, se uma criança perguntar por que não conseguimos ver o rádio se ele é luz, a resposta honesta é que os nossos olhos são feitos para as cores que o Sol mais emite e que melhor atravessam o ar; o rádio sempre esteve lá, e só o notamos quando construímos olhos de metal para ele, que é a aula 3.

AULA 3

Orelhas de metal e a Terra redonda: como a mensagem é capturada, e de que distância

A ciência de que você precisa

Uma onda de rádio que passa por um pedaço de metal empurra os elétrons do metal de um lado para o outro, no compasso da sua oscilação. Essa minúscula corrente alternada é o "ouvir"; um receptor ligado ao metal a amplifica e lê os pulsos a partir dela. O empurrão é mais forte quando o pedaço de metal tem o comprimento certo para a onda: uma haste de um quarto de comprimento de onda, apoiada numa superfície metálica plana, responde à onda do jeito que um balanço responde a um empurrão no compasso do seu próprio ritmo. Para a onda de 27,5 cm da aeronave, um quarto são 6,9 cm, e é por isso que a antena ADS-B de verdade, na aeronave e no solo, é um toco curto de apenas alguns centímetros de altura. É uma orelha sintonizada. Um fio de comprimento bem diferente ainda capta alguma coisa, mas muito menos, e pode-se dizer à turma, com sinceridade, que o modelo que vão construir tem o tamanho certo para a coisa real.

De que distância a orelha consegue ouvir? Duas coisas a limitam. O sinal fica mais fraco com a distância, porque o transmissor da aeronave espalha a sua energia em todas as direções e a fração que chega a uma antena pequena encolhe conforme a distância cresce: duas vezes mais longe, um quarto. Mas antes que a fraqueza se torne o problema, a geometria se torna. Como o rádio é luz, ele viaja em linha reta, e como a Terra é uma bola, uma linha reta saindo de uma antena num telhado logo esbarra no chão. Uma aeronave só pode ser ouvida enquanto houver uma linha reta e desobstruída entre ela e a antena. Quanto mais alta a aeronave, mais longe essa linha consegue chegar antes de a Terra atrapalhar, e quanto mais alta a antena, mais longe ainda. A aritmética (a distância até o horizonte em quilômetros é cerca de quatro vezes a raiz quadrada da altura em metros) fica para o curso do fundamental II e ensino médio; para o seu, o resultado basta: uma aeronave a dez quilômetros de altura pode ser ouvida de um telhado a mais de 400 km de distância, mais do que de Bruxelas a Paris, ida e volta, enquanto uma aeronave que acaba de decolar a 50 km pode estar inteiramente escondida atrás da curva da Terra. É por isso que as antenas ficam em telhados, mastros e morros, e por isso que a mesma antena ouve aeronaves altas de longe e as baixas apenas quando estão perto.

Como ensinar

Abra com a pergunta que a aula 2 deixou no ar: se o rádio é uma luz que não conseguimos ver, o que consegue? A resposta é uma orelha de metal, uma antena, e a primeira coisa a fazer é encontrar algumas. O roteador Wi-Fi tem hastes ou as esconde dentro; o carro lá fora tem uma barbatana no teto; todo celular tem uma escondida ao longo da borda; o telhado da escola pode ter várias. Mande a turma, ou vá você mesmo com uma foto, e façam uma lista. Pergunte o que elas têm em comum: são de metal, têm uma forma e um tamanho específicos, e muitas vezes ficam no alto. Essas duas observações são a aula, e você pode prometer explicar cada uma.

Para o tamanho, construam a antena modelo. Cada criança corta uma tira de cartolina de 7 cm de comprimento e cerca de um centímetro de largura, envolve-a em papel-alumínio e a coloca em pé no meio de um quadrado de cartolina também coberto de papel-alumínio. Seja honesto sobre o que ela é: tem a forma certa e o tamanho certo para a onda da aeronave, e um receptor de verdade usa exatamente essa forma, mas sozinha ela não consegue decodificar nada, porque capturar a onda é apenas o primeiro passo, e a leitura dos pulsos precisa de um rádio e de um computador (que o curso do fundamental II e ensino médio constrói). Depois explique o tamanho com o balanço: um balanço vai mais alto quando você o empurra no compasso do seu próprio vai e vem, e a haste de metal "balança" melhor, eletricamente, quando tem um quarto do comprimento da onda. Deite uma régua de 27,5 cm ao lado da haste de 7 cm e mostre que a haste é um quarto dela. O grupo mais velho pode medir e conferir. O quadrado de alumínio embaixo é o espelho que completa a orelha, e não há problema em dizer isso e parar por aí.

Para a altura, saiam para fora, e levem a pergunta junto: por que as antenas ficam no alto? Coloque uma criança numa ponta do pátio agachada, depois de pé, depois num banco, e pergunte o que ela consegue ver na outra ponta a cada vez; algo escondido atrás de um muro baixo ou de um carro estacionado aparece conforme ela sobe. Depois dê o salto para a Terra: o chão em si é curvo, como o topo de uma bola enorme, e qualquer coisa suficientemente distante fica escondida atrás dessa curva, como o casco de um navio que passou do horizonte enquanto o mastro ainda aparece. Uma antena num telhado está em cima de um banco. Uma aeronave lá no alto é um navio com um mastro muito alto. Desenhe no quadro como um círculo com um palito em cima e uma linha reta tangenciando o círculo: tudo acima da linha pode ser ouvido, tudo abaixo está atrás da Terra. As crianças de nove a onze anos podem então receber os números reais e comparar com distâncias que conhecem: 400 km é mais do que de Bruxelas a Paris, ida e volta; 50 km é mais ou menos a largura da província.

Se houver tempo, uma pequena demonstração do enfraquecimento com a distância merece o seu lugar: uma lanterna na outra ponta de um corredor escuro ilumina fracamente uma folha de papel; trazida para metade da distância, ela ilumina a mesma folha visivelmente mais do que o dobro, porque o feixe se espalhou por uma área menor. As crianças mais velhas podem receber a regra, metade da distância significa quatro vezes o brilho, e a conexão: o rádio do avião se espalha do mesmo jeito, e é por isso que é preciso um receptor sensível para os aviões distantes.

O que as crianças entendem errado, e o que dizer

As crianças costumam achar que uma antena maior deve ser melhor, como uma orelha maior seria. Para esta onda, não é: o que importa é o tamanho certo, e o tamanho certo é pequeno. Elas também acham que as antenas ficam no alto "para ficar mais perto dos aviões"; a distância para cima é insignificante em

comparação com a distância horizontal, e a razão de verdade é a curva da Terra, que é uma resposta mais interessante. Por fim, a confusão com o som volta aqui na forma "a antena ouve o barulho do avião". Corrija toda vez: a antena captura a luz invisível, não o som, e a capturaria igualmente bem de uma aeronave que não fizesse barulho nenhum.

AULA 4

O mapa: como muitas orelhas formam uma só imagem

A ciência de que você precisa

Uma única antena, com o seu receptor, decodifica as mensagens que consegue ouvir e assim conhece a posição, a altura e a identidade de toda aeronave falante dentro do seu horizonte, um círculo aproximado de algumas centenas de quilômetros de diâmetro para o tráfego alto e muito menor para o baixo. Para ver um país inteiro, são necessários muitos receptores assim, espalhados de modo que os seus círculos se sobreponham, e cada um envia o que ouve pela internet a um computador central. Esse computador faz dois trabalhos. Ele funde: uma aeronave alta costuma ser ouvida por dez ou vinte receptores ao mesmo tempo, e a mesma mensagem chegando de todos eles precisa ser reconhecida como uma aeronave, não vinte. E ele verifica: se um receptor informa uma posição da qual todos os receptores vizinhos discordam, esse relato é provavelmente um erro de decodificação e é posto de lado. O resultado é o mapa ao vivo, atualizado a cada segundo, construído inteiramente a partir do que a aeronave disse e as antenas ouviram. Os controladores de tráfego aéreo veem uma imagem parecida, com o radar acrescentado como segunda opinião independente, já que um sistema que depende de a aeronave dizer a verdade precisa de uma.

O mapa mostra apenas as aeronaves que estão falando. Quase todos os aviões de passageiros estão; muitas aeronaves particulares pequenas, planadores e balões não são obrigados a estar, e as aeronaves militares muitas vezes escolhem não estar. Então o mapa é honesto, mas não completo, o que é uma coisa valiosa para uma criança aprender sobre qualquer mapa, e um jeito natural de terminar o curso com uma pergunta em vez de um ponto final.

Como ensinar

Volte à grade no chão da aula 1, mas agora as torres não conseguem ouvir tudo. Coloque três ou quatro "antenas" (crianças com grades de papel) nos cantos da sala e diga a cada uma que só consegue ouvir as aeronaves na sua própria metade ou no seu próprio quarto da grade; as aeronaves anunciam como antes. Depois peça às antenas que juntem as suas folhas e as coloquem lado a lado. A imagem combinada tem todas as aeronaves; cada folha isolada tem apenas algumas. Algumas aeronaves aparecem em duas folhas, e a turma precisa concordar que são a mesma aeronave, não duas. Esse é todo o trabalho de fusão, feito por crianças de dez anos em cinco minutos, e ele fixa a ideia de que o mapa é um quebra-cabeça de muitos ouvintes.

Depois torne isso real. Coloque o mapa ao vivo no projetor, aproximado até a escola, e dê a cada grupo uma aeronave para seguir por dez minutos: o indicativo de chamada, a altura, a velocidade, de onde veio e para onde vai. Peça que preencham um cartão para ela e o prendam num mapa de parede da região, no lugar onde ela estava quando a viram pela última vez. Enquanto trabalham, ligue o que estão vendo à cadeia do curso, frase por frase: aquela aeronave está falando duas vezes por segundo; a sua mensagem

viaja em luz invisível; uma antena no telhado de alguém, num raio de 400 km, a capturou; essa antena enviou a mensagem ao computador que desenha este mapa; e é por isso que você consegue ler a altura dela na tela. Peça à turma que conte a cadeia de volta a você com as próprias palavras; essa é a avaliação, e a maior parte da turma já deve conseguir fazê-la a esta altura.

Encerre com duas perguntas. O que aconteceria se uma aeronave parasse de falar? Ela sumiria do mapa, embora os controladores ainda tivessem o radar. E todos os aviões do céu estão no mapa? Não, e a discussão sobre quais estão faltando, e sobre por que alguém poderia não querer ser visto, é um bom lugar para deixar uma turma que entendeu que um mapa é feito de medições e só é tão completo quanto os seus ouvintes.

O que as crianças entendem errado, e o que dizer

A ideia de que "os satélites fazem o mapa" volta aqui com grande persistência, porque o mapa está numa tela, as telas vêm da internet e a internet, na cabeça das crianças, vem do espaço. Desmonte-a com delicadeza: os satélites só dizem a hora ao avião; o avião calcula onde está; o avião diz isso; as antenas nos telhados ouvem; o computador desenha. Toda etapa acontece no chão, exceto a primeira, e o mapa funcionaria igualmente bem se os satélites fossem substituídos por qualquer outra coisa que permitisse ao avião se localizar.

Avaliação: eles conseguem contar a história?

O curso tem um único objetivo de aprendizagem com quatro elos, e a avaliação é simplesmente se a criança consegue contar a cadeia em ordem, com razões. Peça a cada criança, ou a cada grupo, que explique como um avião vai parar no mapa, e escute os quatro elos: o avião sabe onde está e diz isso, repetidamente, sem que perguntem; a mensagem viaja como uma onda de rádio, que é uma luz que os nossos olhos não enxergam e nada tem a ver com som; uma antena, uma orelha de metal sintonizada, a captura, mas só de aeronaves acima da curva da Terra; e muitas antenas juntas, compartilhando o que ouvem, fazem o mapa. Uma criança de seis a oito anos que conta isso como uma história com os quatro passos na ordem certa atingiu o objetivo. Uma de nove a onze deve conseguir dar também uma razão em cada passo: por que duas vezes por segundo, por que luz e não som, por que 7 cm e por que no alto, por que muitas antenas e não uma.

A página do aluno termina com um pequeno quiz que a turma pode fazer num tablet ou levantando a mão; as respostas, com o raciocínio que você deve esperar, são estas. Um avião envia a sua mensagem cerca de duas vezes a cada segundo, porque em um minuto ele teria se movido 15 km e o mapa seria inútil. A mensagem não contém os nomes dos passageiros, apenas a identidade, a posição, a altura e a velocidade da aeronave. Uma onda de rádio é uma luz que os nossos olhos não enxergam, não um som, porque não precisa de ar e viaja quase um milhão de vezes mais rápido. Uma antena é colocada num telhado para que a sua linha de visada reta chegue mais longe por cima da curva da Terra, não para ficar mais perto dos aviões. E o mapa precisa de muitas antenas porque cada uma só consegue ouvir um círculo de céu de algumas centenas de quilômetros de diâmetro.

Uma escola que queira hospedar um pequeno receptor no telhado, para que o seu próprio pedaço de céu apareça no mapa ao vivo e a aula 4 termine com a antena da própria turma, encontrará tudo de que precisa na página Seja um feeder.

A SEGUIR

Um receptor no telhado da escola

As quatro aulas terminam naturalmente com um receptor que pertence à escola. A oficina prática é o guia completo: as peças e o seu preço (100 a 150 euros, ou um Raspberry Pi que já exista), a antena a escolher e onde colocá-la, como preparar o computador e instalar o feeder da Dataero, e as medições que uma turma pode fazer com ele ao longo de um ano. Uma estação escolar aparece no mapa público com o nome da escola, e o seu painel responde 'que avião é aquele?' todos os dias do ano.

Abrir a oficina prática <https://radar.dataero.eu/pt-br/learning/workshop>