

DAI 6 AGLI 11 ANNI - PER L'INSEGNANTE

Gli aerei che parlano: un corso di scienze per la primaria in quattro lezioni

Questo è il corso come l'insegnante ha bisogno di conoscerlo: la scienza spiegata un livello più a fondo di quanto la sentirà la classe, l'ordine in cui le idee devono arrivare, cosa dire a sei anni e cosa aggiungere a dieci, le dimostrazioni che sostengono ogni idea e perché funzionano, e le idee sbagliate che i bambini portano con sé. Quattro lezioni di circa 50 minuti, di solito distribuite su due settimane.

Impara - <https://radar.dataero.eu/it/learning/ages-6-11> 2026-10-22

INDICE

Prima di iniziare: cosa insegna il corso e perché vale quattro lezioni

LEZIONE 1 Il cielo affollato e l'aereo che parla

LEZIONE 2 Luce invisibile: che cosa trasporta il messaggio

LEZIONE 3 Orecchie di metallo e la Terra rotonda: come si cattura il messaggio, e da quanto lontano

LEZIONE 4 La mappa: come tante orecchie formano un'unica immagine

Valutazione: sanno raccontare la storia?

PROSSIMO PASSO Un ricevitore sul tetto della scuola

Prima di iniziare: cosa insegna il corso e perché vale quattro lezioni

Ogni aereo di linea nei cieli europei trasmette, circa due volte al secondo, un breve messaggio radio con la sua identità, la sua posizione, la sua altitudine e la sua velocità. Il sistema si chiama ADS-B e dal 2020 è obbligatorio per la maggior parte degli aeromobili. I controllori del traffico aereo ci fanno affidamento, e così le mappe dei voli in tempo reale su qualsiasi telefono. Per una classe della primaria è un argomento quasi perfetto, perché collega cose su cui i bambini si interrogano già, gli aerei che vedono e sentono, alla fisica che il programma ti chiede di insegnare: che la luce e il suono sono cose di natura diversa, che la luce viaggia in linea retta, che le onde hanno una lunghezza, che la Terra è una sfera e che questo ha conseguenze visibili, che l'informazione si può codificare e trasmettere, e che una mappa si costruisce a partire da misure. L'argomento è reale e attuale; niente qui è un modellino giocattolo.

Il corso segue la logica del sistema stesso, perché quella logica è anche il giusto ordine didattico. Prima la classe deve capire che il cielo è pieno di traffico veloce e invisibile, che qualcuno deve tenere sotto controllo. Poi che ogni aereo sa dove si trova e lo dice, ancora e ancora, con un messaggio in quattro parti. Poi che il messaggio viaggia come un'onda radio, e che un'onda radio è una forma di luce. Poi che un'antenna la cattura, e che la Terra rotonda limita fin dove arriva. Infine che tante antenne insieme costruiscono la mappa. Ogni lezione aggiunge un anello a questa catena, ed è la catena ciò che valuti alla fine: un bambino sa raccontare la storia dall'aereo alla mappa, in ordine, con le ragioni giuste?

Non ti serve alcuna preparazione in aviazione o radiotecnica. Ogni lezione qui sotto si apre con la scienza come ti serve capirla, cioè un livello più a fondo di dove arriverà la classe, così puoi rispondere alla domanda che sta dietro la domanda. Se vuoi la spiegazione completa per adulti, il corso di riferimento nella pagina principale ha dodici capitoli; quelli che contano di più per questa fascia d'età sono i capitoli 3, 6 e 7. Due cose vanno tenute ben presenti dall'inizio alla fine, perché sono i due punti in cui gli adulti insegnano più spesso qualcosa di falso. La radio non è suono: è luce di un colore che i nostri occhi non vedono, e questa differenza è il cuore della lezione 2. E in questo sistema l'aereo non viene «visto dai satelliti» né «trovato dal radar»: calcola da solo la propria posizione ascoltando i satelliti, e poi la annuncia. Nessuno trova l'aereo. È l'aereo a dirlo.

Sulla differenziazione: il corso è scritto per tutta la fascia dai 6 agli 11 anni, e il testo di ogni lezione indica dove i più piccoli e i più grandi prendono strade diverse. In linea di massima, una classe di bambini dai sei agli otto anni dovrebbe cogliere la storia, il gioco di ruolo, la corda e la mappa, e uscire capace di dire «gli aerei mandano un messaggio su un'onda, un'antenna lo cattura, e così si fa la mappa». Una classe dai nove agli undici anni può affrontare i numeri (due volte al secondo, 300.000 chilometri al secondo, un'onda di 27 centimetri, un orizzonte di 400 chilometri), l'idea che il messaggio è fatto di risposte sì-o-no e il ragionamento sull'orizzonte, e dovrebbe uscire capace di spiegare perché ogni passaggio è necessario.

LEZIONE 1

Il cielo affollato e l'aereo che parla

La scienza che ti serve

Un aereo di linea in quota di crociera si trova a circa dieci chilometri d'altezza e si muove a circa 900 km/h, cioè 250 metri ogni secondo. A quell'altezza è difficile da vedere e impossibile da valutare: un bambino che scorge un riflesso o una scia di condensazione non ha modo di capire quanto sia lontano, quanto sia alto o dove stia andando, e lo stesso vale per un pilota che guarda un altro aereo. Sopra una città belga ci sono quasi sempre diversi aerei in cielo contemporaneamente, la maggior parte dei quali passa ad alta quota, in viaggio tra altri paesi. Per tenerli separati, il controllo del traffico aereo ha bisogno della posizione, dell'altitudine e della direzione di ogni aereo, di continuo. Le regole di separazione sono semplici: nello spazio aereo gestito dai controllori, gli aerei devono trovarsi ad almeno 300 metri di distanza in verticale o a diversi chilometri in orizzontale.

Per gran parte del secolo scorso, il modo per sapere dove si trovavano gli aerei era il radar: una grande antenna rotante che emette un impulso radio e ascolta la debole eco di ritorno. Il radar esiste ancora, ma il sistema di cui parla questo corso rovescia il problema. Ogni aereo moderno ha a bordo un ricevitore di navigazione satellitare, la stessa tecnologia delle mappe di un'auto o di un telefono, e quindi conosce sempre la propria posizione con un margine di pochi metri. Ha anche una piccola radio chiamata transponder. L'ADS-B unisce semplicemente le due cose: circa due volte al secondo, il transponder invia un breve messaggio che contiene l'identità dell'aereo, la sua posizione ricavata dai satelliti, la sua altitudine, e la sua velocità e direzione. Il messaggio parte in automatico, senza che nessuno lo chieda e senza un destinatario preciso: è una trasmissione circolare, come una stazione radio, e chiunque abbia il ricevitore giusto può ascoltarla. Ecco cosa significano le lettere: Automatic (automatica, nessuno la avvia), Dependent (dipendente, perché la sua esattezza dipende dagli strumenti dell'aereo stesso), Surveillance (sorveglianza, lo scopo è sapere dove sono gli aerei), Broadcast (diffusa, inviata a tutti).

Il messaggio in sé è digitale. Un transponder non può inviare direttamente lettere o numeri; può solo inviare un impulso o nessun impulso, e così il messaggio è una sequenza di 112 risposte sì-o-no, ciascuna della durata di un milionesimo di secondo, il cui significato è stato concordato da tutti in anticipo. Il primo gruppo, lungo 24 risposte, è il codice di identità permanente dell'aereo, assegnato al momento della registrazione, un po' come una targa che non cambia mai. Il resto porta la posizione, l'altitudine, la velocità o il nominativo del volo, a seconda del tipo di messaggio. Le ultime 24 risposte sono un controllo: chi ascolta esegue un calcolo fisso sul messaggio e confronta il risultato con il controllo, e se non coincidono, qualcosa si è alterato lungo la strada e il messaggio viene scartato. Questo è importante, perché sopra un aeroporto trafficato molti aerei parlano contemporaneamente e i loro messaggi a volte si sovrappongono. L'altitudine nel messaggio non è misurata dal satellite, ma dalla pressione dell'aria all'esterno dell'aereo, che diminuisce costantemente man mano che si sale; è lo stesso motivo per cui ti si tappano le orecchie in ascensore o in una galleria di montagna, e ai bambini più grandi questo collegamento piace molto.

Come insegnarlo

Comincia dal cielo, non dal sistema. Chiedi chi ha visto un aereo questa settimana, dove, quanto alto pensa che fosse, e come possa mai un pilota sapere dove si trova senza strade. Lascia correre le ipotesi; verranno fuori sia «il pilota guarda dal finestrino» sia «c'è una mappa», ed entrambe sono giuste a metà. Poi proietta la mappa in tempo reale, ingrandita sulla vostra città, e contate insieme gli aerei. La distanza tra ciò che la classe si aspettava e ciò che mostra la mappa è il gancio per l'intero corso, e vale la pena soffermarsi: ognuno di quei simboli è un aereo che sta parlando proprio adesso.

Ora racconta la storia centrale tutta d'un fiato, perché i bambini ricordano una storia meglio di una definizione: l'aereo sa sempre dove si trova, perché ascolta i satelliti lontani sopra di lui; e due volte ogni secondo grida, a nessuno in particolare, «ecco chi sono, ecco dove sono, ecco quanto sono alto, ecco quanto vado veloce». Nessuno gliel'ha chiesto. Non smette mai. E chiunque abbia il giusto tipo di orecchio può sentirlo. Con i bambini dai sei agli otto anni, quella frase, ripetuta e poi recitata, è la lezione. Con quelli dai nove agli undici, fai un passo in più e spiega che il grido è fatto di risposte sì-o-no, che 24 di queste compongono il nome dell'aereo, e lasciali scoprire (con un aiuto) che 24 risposte sì-o-no danno circa 17 milioni di nomi diversi, più che sufficienti per ogni aereo mai costruito. Il punto da far arrivare è che l'aereo non viene «osservato»: è lui a dirlo. Dillo in entrambi i modi, «nessuno trova l'aereo, è l'aereo ad annunciarsi», perché l'idea opposta è profondamente radicata e riaffiorerà nella lezione 4.

La dimostrazione è il gioco della torre di controllo, ed è la mezz'ora più preziosa dell'intero corso. Traccia sul pavimento con il nastro adesivo una griglia di cinque caselle per cinque, con lettere su un lato e numeri sull'altro. Metà della classe sono aerei; ognuno ha un cartoncino con un nominativo, un'altitudine e una velocità. Attraversano lentamente la griglia e ogni pochi passi ciascuno annuncia ad alta voce il proprio messaggio: «DTA12, casella C3, diecimila metri, veloce». L'altra metà è la torre di controllo, ognuno con una copia della griglia su carta, e deve disegnare ogni aereo dove dice di trovarsi. Poi si scambiano i ruoli. Poi, ed è questa la parte che insegna, ripetete il gioco con gli aerei autorizzati a parlare solo una volta al minuto. I disegni delle torri vanno in pezzi; gli aerei hanno cambiato casella prima che qualcuno se ne accorgesse. Chiedi alla classe perché gli aerei veri parlano due volte al secondo, e te lo diranno loro.

Con il gruppo dei più grandi, aggiungi una seconda variante: due aerei annunciano esattamente nello stesso momento, e la torre deve annotare ciò che ha sentito. Avrà sentito un pasticcio. Spiega che è per questo che il messaggio vero ha un controllo alla fine: un messaggio confuso non supera il controllo e viene scartato, e comunque l'aereo si ripete mezzo secondo dopo. I bambini che hanno fatto la torre capiscono subito perché servono sia la ripetizione sia il controllo.

Cosa sbagliano i bambini, e cosa dire

L'idea sbagliata più comune è che i satelliti guardino giù e vedano gli aerei, o che sia il radar a trovarli. L'immagine corretta è che l'aereo ascolta i satelliti per trovare se stesso, e poi parla. Un modo utile per dirlo: il satellite è come la campana di una chiesa che batte le ore; dice l'ora a tutti, ma non ha idea di chi stia ascoltando. La seconda idea sbagliata è che sia il pilota a inviare il messaggio. Non lo fa nessuno: il transponder lo invia da solo dal momento in cui l'aereo comincia a muoversi. La terza è che il messaggio vada «all'aeroporto». Va a tutti: anche gli altri aerei lo ascoltano e lo usano per tenersi a distanza tra loro, e così fa qualunque antenna su qualunque tetto, ed è lì che si concluderà la lezione 4.

LEZIONE 2

Luce invisibile: che cosa trasporta il messaggio

La scienza che ti serve

Il messaggio lascia l'aereo come onda radio, e l'unica idea che questa lezione deve stabilire, perché tutta la fisica della secondaria ci si appoggia sopra, è che un'onda radio e un raggio di luce sono la stessa cosa. Entrambi sono onde elettromagnetiche: increspature di forza elettrica e magnetica che viaggiano nello spazio, senza bisogno di aria o di materia che le trasporti, alla velocità della luce, cioè quasi esattamente 300.000 chilometri ogni secondo. Ciò che rende una di queste increspature luce rossa, un'altra luce blu, un'altra ancora un'onda radio, è soltanto la rapidità con cui oscilla, la sua frequenza. I nostri occhi rispondono a una stretta banda di frequenze, che percepiamo come i colori dal rosso al violetto. La radio oscilla molto più lentamente, e quindi gli occhi non possono vederla, esattamente come le orecchie non possono sentire un fischietto per cani. Il messaggio dell'aereo viene inviato a una frequenza di 1.090 milioni di oscillazioni al secondo, che è velocissima per gli standard umani e lentissima per quelli della luce: la luce verde oscilla circa mezzo milione di volte più in fretta.

Poiché ogni onda elettromagnetica viaggia alla stessa velocità, la frequenza determina la lunghezza d'onda, la distanza tra una cresta e la successiva: in un secondo l'onda percorre 300.000 km e compie f oscillazioni, quindi ogni oscillazione occupa 300.000 km divisi per f . Per l'onda dell'aereo si arriva a 27,5 centimetri, più o meno la lunghezza di un righello scolastico. Per la luce verde è circa mezzo millesimo di millimetro. Per una stazione radio FM è tre metri. Quel numero, 27,5 cm, è quello che la classe ritroverà nella lezione 3, perché decide la dimensione dell'antenna.

La confusione da evitare è quella tra radio e suono, e vale la pena capire perché sia così diffusa. Nel linguaggio di tutti i giorni una «radio» è una scatola che produce suoni, quindi i bambini (e molti adulti) pensano che le onde radio siano una specie di suono che viaggia nell'aria. Non hanno niente a che vedere. Il suono è un'onda di pressione: molecole d'aria che urtano le vicine, che a loro volta urtano le proprie. Ha bisogno di un materiale in cui propagarsi, si muove a circa 340 metri al secondo, e nel vuoto il suono non esiste. La radio non ha bisogno di nulla e attraversa lo spazio vuoto tra un satellite e l'aereo;

viaggia quasi un milione di volte più veloce del suono. Se un aereo a 20 km di distanza fa un rumore e invia un messaggio nello stesso istante, il messaggio ti raggiunge in circa 67 milionesimi di secondo e il rumore circa un minuto dopo. I bambini conoscono questo ritardo dal tuono e dal vedere un pallone calciato in lontananza, e questa conoscenza è la tua migliore alleata.

Come insegnarlo

Parti da ciò che conoscono: cose che esistono ma che noi non possiamo vedere né sentire. I fischietti per cani, il modo in cui un'ape vede un fiore, il telecomando che «manda qualcosa» al televisore, il Wi-Fi dell'edificio. Poi enuncia chiaramente l'idea: il messaggio dell'aereo viaggia su un tipo di luce che i nostri occhi non vedono, e una torcia e la radio dell'aereo sono cugine. Accendi una torcia e chiedi dov'è la sua luce: ovunque nella stanza, tutta insieme, senza alcun ritardo percepibile. Poi la frase chiave per i più piccoli: la radio è un colore che i nostri occhi non vedono, e sta attraversando questa stanza proprio adesso, da ogni aereo nel raggio di 400 chilometri, e noi non sentiamo nulla. Molti bambini trovano la cosa un po' emozionante, ed è vera.

La dimostrazione con la corda dà corpo all'idea di onda. A coppie, un bambino tiene ferma una corda e l'altro ne scuote l'estremità libera. Scuotendo lentamente si ottengono poche onde lunghe e pigre lungo la corda; scuotendo in fretta se ne ottengono molte corte. Falle misurare la distanza tra le creste con un metro in entrambi i casi e falle notare la regola: più si scuote in fretta, più le onde sono corte. Non è una vaga analogia ma la relazione vera e propria, perché la velocità dell'onda lungo la corda è fissata dalla corda stessa, e così frequenza e lunghezza d'onda si compensano esattamente come per la luce. Spiega alla classe che l'onda dell'aereo, rispetto alla luce, è del tipo lungo e pigro, e che da una cresta all'altra è lunga quanto un righello. Appoggia il righello sul pavimento accanto all'onda della corda e lasciala vedere. Con i più grandi, scrivi la regola: $\text{velocità} = \text{frequenza} \times \text{lunghezza d'onda}$, e falla verificare sulla corda contando le scosse al secondo e misurando da cresta a cresta. Poi dai loro i numeri dell'aereo e mostra che 300.000 km al secondo divisi per 1.090 milioni al secondo fanno 27,5 cm; la divisione non la faranno da soli, ma possono seguirla alla lavagna, e così quel numero diventa loro.

Per separare la radio dal suono, organizza la gara del messaggero più veloce. Una fila di bambini si passa una parola sussurrata da un capo all'altro della palestra; cronometrala. Poi accendi una torcia a un'estremità e fai alzare la mano a chi sta all'estremità opposta: nessun ritardo misurabile. Discutete il perché: il suono deve essere passato da ogni pezzetto d'aria al successivo, come il sussurro da un bambino all'altro, e questo richiede tempo; la luce non ha bisogno che qualcuno la passi. Poi, ed è questo il momento di essere espliciti, di' che il messaggio radio dell'aereo è come la torcia, non come il sussurro, e che il rumore del motore di un aereo che senti è come il sussurro, e arriva molto dopo che l'aereo si è spostato. Ai più grandi puoi dare i numeri, 340 metri al secondo contro 300.000 chilometri al secondo, e chiedere quante volte la luce è più veloce; la risposta, quasi un milione, dà soddisfazione.

Cosa sbagliano i bambini, e cosa dire

La confusione con il suono è stata affrontata sopra e andrà ripresa nelle lezioni 3 e 4; aspettati che «l'antenna sente l'aereo» scivoli di nuovo in «l'antenna sente il rumore». Una seconda confusione è che le onde radio stiano «nell'aria» come gli odori, fluttuando qua e là; in realtà l'aria non le trasporta affatto, e viaggerebbero altrettanto bene nello spazio vuoto. Una terza, tipica dei più grandi, è pensare che scuotere più in fretta faccia viaggiare l'onda più veloce; non è così, rende le onde più corte, e la corda lo

mostra se le fai osservare una singola cresta che si sposta. Infine, se un bambino chiede perché non possiamo vedere la radio se è luce, la risposta onesta è che i nostri occhi sono fatti per i colori che il sole emette in maggior quantità e che attraversano meglio l'aria; la radio c'è sempre stata, e ce ne siamo accorti solo quando abbiamo costruito per lei degli occhi di metallo, che è l'argomento della lezione 3.

LEZIONE 3

Orecchie di metallo e la Terra rotonda: come si cattura il messaggio, e da quanto lontano

La scienza che ti serve

Un'onda radio che passa su un pezzo di metallo spinge avanti e indietro gli elettroni del metallo, al ritmo della sua oscillazione. Quella minuscola corrente alternata è l'«udito»; un ricevitore collegato al metallo la amplifica e ne legge gli impulsi. La spinta è più forte quando il pezzo di metallo ha la lunghezza giusta per l'onda: un'asta lunga un quarto di lunghezza d'onda, in piedi su una superficie metallica piana, risponde all'onda come un'altalena risponde a una spinta data al suo stesso ritmo. Per l'onda di 27,5 cm dell'aereo, un quarto è 6,9 cm, ed è per questo che la vera antenna ADS-B, sull'aereo come a terra, è un piccolo stelo alto pochi centimetri. È un orecchio accordato. Un filo di lunghezza molto diversa capta comunque qualcosa, ma molto meno, e si può dire onestamente alla classe che il modello che costruiranno ha la dimensione giusta per quello vero.

Fin dove può sentire questo orecchio? Due cose lo limitano. Il segnale si indebolisce con la distanza, perché il trasmettitore dell'aereo diffonde la sua energia in ogni direzione e la parte che raggiunge una piccola antenna si riduce man mano che la distanza cresce: al doppio della distanza, un quarto del segnale. Ma prima che la debolezza diventi un problema, lo diventa la geometria. Poiché la radio è luce, viaggia in linea retta, e poiché la Terra è una palla, una linea retta che parte da un'antenna su un tetto finisce presto contro il suolo. Un aereo si può sentire solo finché c'è una linea retta e libera tra lui e l'antenna. Più l'aereo è alto, più lontano può arrivare quella linea prima che la Terra si metta di mezzo, e più l'antenna è alta, più lontano ancora. Il calcolo (la distanza dell'orizzonte in chilometri è circa quattro volte la radice quadrata dell'altezza in metri) è roba da corso per la secondaria; per il tuo basta il risultato: un aereo a dieci chilometri di quota si può sentire da un tetto a più di 400 km di distanza, più che andata e ritorno da Bruxelles a Parigi, mentre un aereo appena decollato a 50 km può essere completamente nascosto dietro la curvatura della Terra. Ecco perché le antenne stanno su tetti, tralicci e colline, e perché la stessa antenna sente gli aerei alti da molto lontano e quelli bassi solo quando sono vicini.

Come insegnarlo

Apri con la domanda che la lezione 2 ha lasciato in sospeso: se la radio è una luce che non possiamo vedere, che cosa può vederla? La risposta è un orecchio di metallo, un'antenna, e la prima cosa da fare è trovarne qualcuna. Il router Wi-Fi ha dei piccoli steli o li nasconde all'interno; l'auto parcheggiata fuori ha una pinna sul tetto; ogni telefono ne ha una nascosta lungo il bordo; il tetto della scuola può averne diverse. Manda la classe a cercarle, o vacci tu con una macchina fotografica, e fate un elenco. Chiedi che cosa hanno in comune: sono di metallo, hanno una forma e una dimensione precise, e molto spesso stanno in alto. Queste due osservazioni sono la lezione, e puoi promettere di spiegarle entrambe.

Per la dimensione, costruite il modellino d'antenna. Ogni bambino ritaglia una striscia di cartoncino lunga 7 cm e larga circa un centimetro, la avvolge nella carta stagnola e la fissa in piedi al centro di un quadrato di cartoncino anch'esso rivestito di stagnola. Sii onesto su che cos'è: ha la forma giusta e la dimensione giusta per l'onda dell'aereo, e un ricevitore vero usa esattamente questa forma, ma da sola non può decodificare nulla, perché catturare l'onda è solo il primo passo e la lettura degli impulsi richiede una radio e un computer (che si costruiscono nel corso per la secondaria). Poi spiega la dimensione con l'altalena: un'altalena sale più in alto quando la spingi a tempo con il suo stesso andirivieni, e l'asta di metallo «oscilla» meglio, elettricamente, quando è lunga un quarto dell'onda. Metti un righello di 27,5 cm accanto all'asta di 7 cm e mostra che l'asta ne è un quarto. I più grandi possono misurare e verificare. Il quadrato di stagnola sotto è lo specchio che completa l'orecchio, e va benissimo dirlo e fermarsi lì.

Per l'altezza, uscite all'aperto, portando con voi la domanda: perché le antenne stanno in alto? Metti un bambino a un'estremità del cortile, prima accovacciato, poi in piedi, poi su una panchina, e chiedigli ogni volta che cosa vede all'altra estremità; qualcosa nascosto dietro un muretto o un'auto parcheggiata compare man mano che si alza. Poi fai il salto alla Terra: il suolo stesso è curvo, come la cima di una palla enorme, e tutto ciò che è abbastanza lontano è nascosto dietro quella curva, come lo scafo di una nave che ha superato l'orizzonte mentre l'albero si vede ancora. Un'antenna su un tetto è un bambino in piedi su una panchina. Un aereo in alta quota è una nave con un albero altissimo. Disegnalo alla lavagna come un cerchio con un bastoncino sopra e una linea retta che sfiora il cerchio: tutto ciò che sta sopra la linea si può sentire, tutto ciò che sta sotto è dietro la Terra. Ai bambini dai nove agli undici anni puoi poi dare le cifre reali e chiedere di confrontarle con distanze che conoscono: 400 km sono più che andata e ritorno da Bruxelles a Parigi; 50 km sono circa la larghezza della provincia.

Se c'è tempo, una piccola dimostrazione dell'indebolimento con la distanza merita il suo spazio: una torcia all'estremità di una palestra buia illumina debolmente un foglio di carta; avvicinata a metà della distanza, illumina lo stesso foglio sensibilmente più del doppio, perché il fascio si è distribuito su una superficie più piccola. Ai più grandi puoi dire la regola, metà della distanza significa quattro volte la luminosità, e il collegamento: la radio dell'aereo si diffonde allo stesso modo, ed è per questo che per gli aerei lontani serve un ricevitore sensibile.

Cosa sbagliano i bambini, e cosa dire

I bambini pensano spesso che un'antenna più grande debba essere migliore, come lo sarebbe un orecchio più grande. Per quest'onda non è così: quello che conta è la dimensione giusta, e la dimensione giusta è piccola. Pensano anche che le antenne stiano in alto «per essere più vicine agli aerei»; la distanza in verticale è irrilevante rispetto a quella in orizzontale, e la vera ragione è la curvatura della Terra, che è una risposta più interessante. Infine, la confusione con il suono ritorna qui nella forma «l'antenna sente il rumore dell'aereo». Riprendila ogni volta: l'antenna cattura la luce invisibile, non il suono, e la catturerebbe altrettanto bene da un aereo che non facesse alcun rumore.

LEZIONE 4

La mappa: come tante orecchie formano un'unica immagine

La scienza che ti serve

Una singola antenna, con il suo ricevitore, decodifica i messaggi che riesce a sentire e conosce quindi la posizione, l'altitudine e l'identità di ogni aereo che parla entro il suo orizzonte, un cerchio approssimativo largo qualche centinaio di chilometri per il traffico in quota e molto più piccolo per quello a bassa quota. Per vedere un intero paese servono molti ricevitori di questo tipo, distribuiti in modo che i loro cerchi si sovrappongano, e ciascuno invia ciò che sente via internet a un computer centrale. Quel computer svolge due compiti. Unisce: un aereo in quota viene di solito sentito da dieci o venti ricevitori contemporaneamente, e lo stesso messaggio che arriva da tutti deve essere riconosciuto come un solo aereo, non venti. E verifica: se un ricevitore segnala una posizione su cui tutti i ricevitori vicini non concordano, quella segnalazione è probabilmente un errore di decodifica e viene messa da parte. Il risultato è la mappa in tempo reale, aggiornata ogni secondo, costruita interamente con ciò che gli aerei hanno detto e le antenne hanno sentito. I controllori del traffico aereo vedono un'immagine simile, con l'aggiunta del radar come secondo parere indipendente, perché un sistema che dipende dal fatto che l'aereo dica la verità ne ha bisogno.

La mappa mostra solo gli aerei che parlano. Quasi tutti gli aerei di linea lo fanno; molti piccoli aerei privati, alianti e mongolfiere non sono obbligati a farlo, e gli aerei militari spesso scelgono di non farlo. La mappa è quindi onesta ma non completa, che è una cosa utile da imparare per un bambino a proposito di qualsiasi mappa, e un modo naturale per chiudere il corso con una domanda anziché con un punto fermo.

Come insegnarlo

Tornate alla griglia sul pavimento della lezione 1, ma ora le torri non possono sentire tutto. Sistema tre o quattro «antenne» (bambini con griglie di carta) agli angoli dell'aula e di' a ciascuna che può sentire solo gli aerei nella propria metà o nel proprio quarto di griglia; gli aerei si annunciano come prima. Poi chiedi alle antenne di riunire i loro fogli e di metterli uno accanto all'altro. L'immagine combinata contiene tutti gli aerei; ogni singolo foglio solo alcuni. Alcuni aerei compaiono su due fogli, e la classe deve concordare che si tratta dello stesso aereo, non di due. Questo è tutto il lavoro di unione, svolto da bambini di dieci anni in cinque minuti, e fissa l'idea che la mappa è un puzzle composto da molti ascoltatori.

Poi rendilo reale. Proietta la mappa in tempo reale, ingrandita sulla scuola, e assegna a ogni gruppo un aereo da seguire per dieci minuti: il suo nominativo, la sua altitudine, la sua velocità, da dove viene e dove va. Fai compilare una scheda per quell'aereo e fissarla con una puntina su una cartina della regione appesa al muro, nel punto in cui si trovava l'ultima volta che l'hanno visto. Mentre lavorano, collega ciò che vedono alla catena del corso, frase dopo frase: quell'aereo parla due volte al secondo; il suo messaggio viaggia su una luce invisibile; un'antenna sul tetto di qualcuno, entro 400 km, l'ha catturato; quell'antenna ha inviato il messaggio al computer che disegna questa mappa; ed è per questo che sullo schermo potete leggere la sua altitudine. Chiedi alla classe di raccontarti di nuovo la catena con parole proprie; questa è la valutazione, e a questo punto la maggior parte della classe dovrebbe riuscirci.

Chiudi con due domande. Che cosa succederebbe se un aereo smettesse di parlare? Sparirebbe dalla mappa, anche se i controllori avrebbero ancora il radar. E tutti gli aerei in cielo sono sulla mappa? No, e la discussione su quali mancano, e sul perché qualcuno potrebbe non voler essere visto, è un buon punto in cui lasciare una classe che ha capito che una mappa è fatta di misure ed è completa solo quanto lo sono i suoi ascoltatori.

Cosa sbagliano i bambini, e cosa dire

L'idea che «la mappa la fanno i satelliti» ritorna qui con grande ostinazione, perché la mappa è su uno schermo, gli schermi vengono da internet e internet, nella mente dei bambini, viene dallo spazio.

Smontala con delicatezza: i satelliti dicono all'aereo solo l'ora; l'aereo calcola dove si trova; l'aereo lo dice; le antenne sui tetti lo sentono; il computer lo disegna. Ogni passaggio avviene a terra tranne il primo, e la mappa funzionerebbe altrettanto bene se i satelliti fossero sostituiti da qualsiasi altra cosa che permettesse all'aereo di localizzarsi.

Valutazione: sanno raccontare la storia?

Il corso ha un unico obiettivo di apprendimento con quattro anelli, e la valutazione consiste semplicemente nel capire se un bambino sa raccontare la catena in ordine, con le ragioni. Chiedi a ogni bambino, o a ogni gruppo, di spiegare come un aereo finisce sulla mappa, e ascolta se ci sono i quattro anelli: l'aereo sa dove si trova e lo dice, ancora e ancora, senza che nessuno glielo chieda; il messaggio viaggia come un'onda radio, che è una luce che i nostri occhi non vedono e non ha niente a che fare con il suono; un'antenna, un orecchio di metallo accordato, la cattura, ma solo dagli aerei che stanno sopra la curvatura della Terra; e tante antenne insieme, condividendo ciò che sentono, formano la mappa. Un bambino dai sei agli otto anni che la racconta come una storia con i quattro passaggi nell'ordine giusto ha raggiunto l'obiettivo. Un bambino dai nove agli undici anni dovrebbe anche saper dare una ragione per ogni passaggio: perché due volte al secondo, perché luce e non suono, perché 7 cm e perché in alto, perché tante antenne e non una sola.

La pagina dello studente si chiude con un breve quiz che la classe può fare su un tablet o per alzata di mano; le risposte, con il ragionamento che dovresti aspettarti, sono queste. Un aereo invia il suo messaggio circa due volte ogni secondo, perché in un minuto si sarebbe spostato di 15 km e la mappa sarebbe inutile. Il messaggio non contiene i nomi dei passeggeri, solo l'identità, la posizione, l'altitudine e la velocità dell'aereo. Un'onda radio è una luce che i nostri occhi non vedono, non un suono, perché non ha bisogno dell'aria e viaggia quasi un milione di volte più veloce. Un'antenna si mette su un tetto perché la sua linea di vista diretta arrivi più lontano oltre la curvatura della Terra, non per essere più vicina agli aerei. E la mappa ha bisogno di tante antenne perché ciascuna può sentire solo un cerchio di cielo largo qualche centinaio di chilometri.

Una scuola che volesse ospitare un piccolo ricevitore sul proprio tetto, così che il suo pezzo di cielo compaia sulla mappa in tempo reale e la lezione 4 si concluda con l'antenna della classe stessa, troverà tutto ciò che le serve nella pagina Diventa feeder.

PROSSIMO PASSO**Un ricevitore sul tetto della scuola**

Le quattro lezioni si concludono naturalmente con un ricevitore che appartiene alla scuola. Il laboratorio pratico è la guida completa: i componenti e il loro prezzo (da 100 a 150 euro, oppure un Raspberry Pi che avete già), l'antenna da scegliere e dove posizionarla, come preparare il computer e installare il feeder Dataero, e le misure che una classe può fare con il ricevitore nel corso di un anno. Una stazione scolastica compare sulla mappa pubblica con il nome della scuola, e la sua dashboard risponde a "che aereo è quello?" ogni giorno dell'anno.

Apri il laboratorio pratico <https://radar.dataero.eu/it/learning/workshop>