6 到 11 歲：給教師

會說話的飛機：四堂課的國小自然科學課程

這是教師需要掌握的課程內容：比學生聽到的再深一層的科學解釋、各個概念必須依序出現的順序、對六歲孩子該說什麼、對十歲孩子該補充什麼、承載每個概念的示範以及它們為什麼有效，還有孩子們原本就帶著的錯誤觀念。共四堂課，每堂約 50 分鐘，通常分兩週進行。

學習 - https://radar.dataero.eu/zh-hant/learning/ages-6-11 2026-11-21

目錄

開始之前：這門課教什麼，以及為什麼值得花四堂課
第 1 課 繁忙的天空和會說話的飛機
第 2 課 看不見的光：承載訊息的是什麼
第 3 課 金屬耳朵和圓形的地球：訊息如何被接住，以及能從多遠接住
第 4 課 地圖：許多耳朵如何拼成一幅畫面
評量：他們能說出這個故事嗎？
下一步 學校屋頂上的接收器

開始之前：這門課教什麼，以及為什麼值得花四堂課

歐洲上空的每一架客機，大約每秒兩次廣播一則簡短的無線電訊息，內容包括它的身分、位置、高度和速度。這個系統叫做 ADS-B，自 2020 年起，大多數航空器都必須裝設。航管員依賴它，任何手機上的即時航班地圖也是。對國小班級來說，這幾乎是一個完美的主題，因為它把孩子們原本就感到好奇的事物，也就是他們看到和聽到的飛機，和課程綱要要求您教的物理連結起來：光和聲音是不同種類的東西、光沿直線前進、波有長度、地球是球體而且這會帶來看得見的後果、資訊可以被編碼和傳送，以及地圖是由測量做出來的。這個主題真實而且切合當下，裡面沒有任何一樣是玩具模型。

課程依循系統本身的邏輯，因為這個邏輯也正是正確的教學順序。首先，全班必須理解天空中充滿快速、看不見的交通，而必須有人掌握它們的動態。接著，每架航空器都知道自己在哪裡，並且用一則包含四個部分的訊息一再說出來。然後，訊息以無線電波的形式傳播，而無線電波是光的一種。再來，天線接住了它，而圓形的地球限制了能接收的距離。最後，許多天線一起建構出地圖。每一堂課為這條鏈加上一環，而這條鏈就是您在最後要評量的：孩子能不能依序、用正確的理由，說出從航空器到地圖的故事？

您不需要任何航空或無線電的背景知識。下面每一堂課都以您需要理解的科學開場，比學生要學的再深一層，讓您能回答問題背後的問題。如果您想了解完整的成人版說明，首頁上的參考課程共有十二章；對這個年齡層最重要的是第 3、6、7 章。整個課程中有兩件事要牢記，因為這是大人最常教錯的兩個地方。無線電不是聲音；它是一種顏色我們眼睛看不見的光，這個差別是第 2 課的核心。而在這個系統中，航空器並不是「被衛星看到」或「被雷達找到」：它聽衛星來算出自己的位置，然後把位置報告出來。沒有人去找飛機。是飛機自己說。

關於差異化教學：這門課是為整個 6 到 11 歲的範圍而寫的，每堂課的內容都會指出年紀較小和較大的孩子在哪裡分流。大致來說，六到八歲的班級應該得到故事、角色扮演、繩子和地圖，離開時能說出「飛機把訊息放在波上送出去，天線接住它，就做出了地圖」。九到十一歲的班級則可以接受數字（每秒兩次、每秒 300 000 公里、27 公分的電波、400 公里的地平線）、訊息是由「是或否」的答案組成的概念，以及關於地平線的推理，離開時應該能解釋每一步為什麼是必要的。

第 1 課

繁忙的天空和會說話的飛機

您需要知道的科學

在巡航高度的客機大約在十公里的高空，以約 900 km/h 的速度移動，也就是每秒 250 公尺。在那個高度，飛機很難看見，更不可能判斷：一個看到一點閃光或一道凝結尾的孩子，無從得知它有多遠、多高、要往哪裡去，看著另一架航空器的飛行員也一樣。在比利時的城鎮上空，幾乎隨時都有好幾架航空器同時在天上，其中大多數是在高空途經，往返於其他國家之間。為了讓它們保持距離，航空交通管制需要持續掌握每一架航空器的位置、高度和方向。隔離規則很簡單：在航管員管理的空域中，航空器在垂直方向至少要相隔 300 公尺，或在水平方向相隔好幾公里。

上個世紀大部分的時間裡，知道航空器在哪裡的方法是雷達：一具會旋轉的大型天線，送出一個無線電脈衝，再聆聽微弱的回波。雷達現在仍然存在，但這門課所講的系統把問題反過來處理。每一架現代航空器都裝有衛星導航接收器，和汽車或手機上的地圖是同一種技術，所以它永遠知道自己的位置，誤差只有幾公尺。它還裝有一台叫做詢答機（transponder）的小型無線電。ADS-B 只是把這兩者結合起來：大約每秒兩次，詢答機送出一則簡短的訊息，內容包括航空器的身分、來自衛星的位置、高度，以及速度和方向。訊息是自動送出的，沒有人要求，也沒有特定的收件人：它是一種廣播，就像廣播電台一樣，任何擁有適當接收器的人都能聽到。這就是這幾個字母的意思：Automatic（自動，沒有人觸發它）、Dependent（依賴，它依賴航空器自身的設備正確無誤）、Surveillance（監視，它的目的是掌握航空器的位置）、Broadcast（廣播，送給所有人）。

訊息本身是數位的。詢答機不能直接送出字母或數字；它只能送出有脈衝或沒有脈衝，所以訊息是一串 112 個「是或否」的答案，每個持續百萬分之一秒，其意義是大家事先約定好的。第一組共 24 個答案，是航空器永久的身分代碼，在它註冊時就給定，有點像一塊永遠不變的車牌。其餘的答案依訊息種類，分別承載位置、高度、速度或航班的呼號。最後 24 個答案是檢查用的：接收的一方對訊息做一道固定的計算，再把結果和檢查碼比較，如果兩者不符，就表示訊息在途中被弄亂了，於是把它丟掉。這一點很重要，因為在繁忙的機場上空，許多航空器同時在說話，它們的訊息有時會重疊。訊息中的高度不是由衛星測量的，而是由航空器外面的氣壓測量，氣壓會隨著爬升穩定下降；這也是你搭電梯或經過山區隧道時耳朵會塞住的原因，年紀較大的孩子很喜歡這個連結。

如何教

從天空開始，而不是從系統開始。問問誰這週看到了飛機、在哪裡、他們覺得它有多高，以及在沒有道路的情況下，飛行員怎麼可能知道自己在哪裡。讓大家盡情猜；「飛行員看窗外」和「有一張地圖」都會出現，而兩者都對了一半。然後用投影機打開即時地圖，放大到你們的城鎮，一起數飛機。全班預期的數量和地圖顯示的數量之間的差距，就是整門課的引子，值得多停留一下：那些符號裡的每一個，都是一架此刻正在說話的航空器。

接著一口氣講出核心故事，因為孩子記故事比記定義牢：飛機永遠知道自己在哪裡，因為它在聽遠在上方的衛星；而且每秒兩次，它不對特定的誰，大聲喊出：「這是我的身分，這是我的位置，這是我的高度，這是我的速度。」沒有人要求它。它從不停止。而任何擁有適當耳朵的人都能聽到。對六到八歲的孩子，這句話重複幾次，再演出來，就是整堂課。對九到十一歲的孩子，可以再進一步，解釋這聲喊叫是由「是或否」的答案組成的，其中 24 個拼出飛機的名字，並讓他們（在協助下）算出 24 個「是或否」的答案能組成大約 1 700 萬個不同的名字，足夠分給曾經製造過的每一架航空器。要讓學生記住的重點是：飛機不是「被監視」，而是自己說。兩種說法都要講，「沒有人去找飛機，是飛機自己報告」，因為相反的觀念根深蒂固，在第 4 課還會再冒出來。

這堂課的示範是塔臺遊戲，它是整門課中最有價值的半小時。用膠帶在地上貼出一個五乘五的方格，一邊標上字母，另一邊標上數字。全班一半的人當航空器，每人拿一張卡片，上面寫著呼號、高度和速度。他們慢慢走過方格，每走幾步就大聲報出自己的訊息：「DTA12，C3 格，一萬公尺，很快」。另一半的人當塔臺，每人拿一張紙本方格，必須把每架航空器畫在它說的位置上。然後交換。接著，這是真正能教到東西的部分，再玩一次，但航空器每分鐘只能說一次話。塔臺的圖會亂成一團；航空器在任何人知道之前就已經換了格子。問全班為什麼真正的飛機每秒要說兩次話，他們會告訴您答案。

對年紀較大的組別，可以再加一個變化：兩架航空器在完全相同的時間報出訊息，塔臺必須記下聽到的內容。他們聽到的會是一團混亂。解釋這就是為什麼真正的訊息最後有一個檢查：混亂的訊息通不過檢查就會被丟掉，反正飛機半秒後又會重複一次。當過塔臺的孩子會立刻明白，為什麼重複和檢查兩者都是必要的。

孩子常犯的錯誤，以及該怎麼說

最常見的錯誤觀念是衛星往下看、看到了飛機，或是雷達找到了飛機。正確的圖像是飛機聽衛星來找到自己，然後說出來。一個好用的說法是：衛星就像教堂整點敲響的鐘，它告訴所有人時間，但完全不知道誰在聽。第二個錯誤觀念是飛行員送出訊息。沒有人送；從航空器開始移動的那一刻起，詢答機就自己送出訊息。第三個是訊息送到「機場」。它送給所有人：其他航空器也在聽，並用它來彼此避開，任何屋頂上的任何天線也是，而這正是第 4 課的結尾。

第 2 課

看不見的光：承載訊息的是什麼

您需要知道的科學

訊息以無線電波的形式離開航空器，而這堂課必須建立的唯一概念是：無線電波和一道光束是同一種東西，因為中學階段的整個物理都建立在這個概念上。兩者都是電磁波：電力和磁力的漣漪在空間中傳播，不需要空氣或任何物質來承載，以光速前進，也就是非常接近每秒 300 000 公里。讓一道漣漪成為紅光、另一道成為藍光、又一道成為無線電波的，只是它振盪得有多快，也就是它的頻率。我們的眼睛對一段很窄的頻率有反應，我們感受到的就是從紅到紫的顏色。無線電振盪得慢得多，所以眼睛看不到，就像耳朵聽不到狗笛一樣。航空器的訊息以每秒 1 090 百萬次振盪的頻率送出，以人類的標準來說非常快，以光的標準來說卻非常慢：綠光的振盪大約再快五十萬倍。

因為所有電磁波都以相同的速度傳播，所以頻率決定了波長，也就是從一個波峰到下一個波峰的距離：一秒鐘內，波傳播了 300 000 km 並完成 f 次振盪，所以每次振盪佔了 300 000 km 除以 f。對航空器的電波來說，這等於 27.5 公分，差不多是一把學校用尺的長度。綠光約為萬分之五毫米。FM 廣播電台則是三公尺。27.5 cm 這個數字，全班在第 3 課還會再遇到，因為它決定了天線的大小。

您必須防止的混淆是把無線電和聲音混為一談，而值得了解為什麼這種混淆如此普遍。在日常用語中，「收音機」是一個會發出聲音的盒子，所以孩子（和許多大人）以為無線電波是一種在空氣中傳播的聲音。兩者完全沒有關係。聲音是一種壓力波：空氣分子碰撞鄰近的分子，鄰近的分子再碰撞它們的鄰居。它需要物質才能傳播，速度約為每秒 340 公尺，在真空中沒有聲音。無線電什麼都不需要，能穿越衛星和航空器之間的真空；它比聲音快了將近一百萬倍。如果一架 20 km 外的航空器在同一時刻發出聲響並送出訊息，訊息大約在百萬分之 67 秒內到達您這裡，而聲響要大約一分鐘後才到。孩子從打雷和看遠處的人踢足球就知道這種延遲，而這些知識是您最好的盟友。

如何教

從他們已經知道的東西開始：那些存在、但我們看不見也聽不到的東西。狗笛、蜜蜂眼中的花朵、會向電視「送出某種東西」的遙控器、建築物裡的 Wi-Fi。然後清楚地提出主張：飛機的訊息坐在一種我們眼睛看不見的光上，手電筒和飛機的無線電是表親。打開手電筒，問它的光在哪裡：在房間的每個角落，一瞬間就到了，沒有任何人察覺得到的延遲。接著是給年紀較小組別的關鍵句：無線電是一種我們眼睛看不見的顏色，此刻它正穿過這個房間，來自 400 公里內的每一架飛機，而我們什麼都感覺不到。許多孩子會覺得這有點刺激，而且它是真的。

繩子示範讓波的概念有了形體。兩人一組，一個孩子拿著繩子不動，另一個甩動另一端。慢慢甩會沿著繩子產生幾個又長又懶洋洋的波；快快甩則會產生許多短波。讓他們在兩種情況下都用公尺尺量出波峰之間的距離，並注意到規律：甩得越快，波越短。這不是一個鬆散的比喻，而是真實的關係，因為波沿著繩子的速度由繩子決定，所以頻率和波長的此消彼長，和光的情況完全相同。告訴全班，和光相比，飛機的電波屬於又長又懶洋洋的那種，從波峰到波峰和一把尺一樣長。把尺放在地上的繩波旁邊，讓他們看。對年紀較大的組別，寫下規則：速度 = 頻率乘以波長，讓他們數一數每秒甩幾下、量一量波峰到波峰的距離，在繩子上驗證。然後給他們航空器的數字，讓他們看到每秒 300 000 km 除以每秒 1 090 百萬次等於 27.5 cm；他們不會自己算這個除法，但可以跟著黑板上的算式走，而這會讓這個數字成為他們自己的。

為了把無線電和聲音分開，來一場最快信差比賽。一排孩子把一個悄悄話從禮堂的一頭傳到另一頭，計時。然後從一頭閃一下手電筒，讓另一頭的人舉手；沒有可以測量的延遲。討論為什麼：聲音必須從一小團空氣傳到下一團，就像悄悄話從一個孩子傳到下一個孩子，這需要時間；光不需要任何人傳遞。然後，這是要講明白的時刻，說出飛機的無線電訊息像手電筒，而不像悄悄話，而您聽到的飛機引擎聲才像悄悄話，在飛機已經飛走很久之後才到達。年紀較大的組別可以拿到數字，每秒 340 公尺對上每秒 300 000 公里，並問他們光快了幾倍；答案是將近一百萬倍，讓人很有成就感。

孩子常犯的錯誤，以及該怎麼說

聲音的混淆上面已經處理過，在第 3 課和第 4 課還需要再重複；預期「天線聽到飛機」會又滑回「天線聽到噪音」。第二個混淆是以為無線電波像氣味一樣「在空氣中」飄來飄去；它們完全不是由空氣承載的，在真空中也一樣能傳播。第三個混淆來自年紀較大的組別，是以為甩得越快會讓波傳得越快；並不會，它只會讓波變短，如果讓他們盯著單一個波峰前進，繩子就能證明這一點。最後，如果有孩子問，既然無線電是光，為什麼我們看不到，誠實的答案是：我們的眼睛是為太陽發出最多、而且最容易穿過空氣的那些顏色而設計的；無線電一直都在，只是直到我們為它造出金屬眼睛，才注意到它，而這就是第 3 課的內容。

第 3 課

金屬耳朵和圓形的地球：訊息如何被接住，以及能從多遠接住

您需要知道的科學

無線電波經過一塊金屬時，會推動金屬中的電子隨著它的振盪來回移動。這個微小的交流電就是「聽見」；連接在金屬上的接收器會把它放大，並從中讀出脈衝。當金屬的長度和電波相配時，推力最強：一根長度為四分之一波長的棒子，立在一塊平坦的金屬表面上，對電波的反應就像鞦韆對配合自身節奏的推力的反應一樣。對航空器 27.5 cm 的電波來說，四分之一是 6.9 cm，這就是為什麼真正的 ADS-B 天線，不論在航空器上還是在地面上，都是一根只有幾公分高的短棒。它是一隻調好音的耳朵。長度差很多的電線仍然能接收到一些東西，但少得多，而您可以如實告訴全班，他們要做的模型是真實天線的正確大小。

這隻耳朵能聽多遠？有兩件事會限制它。訊號會隨著距離減弱，因為航空器的發射機把能量散向四面八方，而到達一支小天線的那一部分會隨著距離增加而縮小：距離加倍，就只剩四分之一。但在訊號太弱成為問題之前，幾何就先成了問題。因為無線電是光，它沿直線前進；又因為地球是一顆球，從屋頂天線出發的直線很快就會碰到地面。只有在航空器和天線之間有一條暢通無阻的直線時，才能聽到航空器。航空器越高，這條線在被地球擋住之前就能延伸得越遠；天線越高，又能更遠。相關的計算（到地平線的距離，以公里計，約為高度（以公尺計）平方根的四倍）屬於中學課程；對您的課程來說，結果就足夠了：在十公里高空的航空器，從屋頂上可以在 400 km 以外聽到，比布魯塞爾到巴黎來回一趟還遠，而一架在 50 km 外剛起飛的航空器，可能完全躲在地球的弧度後面。這就是為什麼天線裝在屋頂、鐵塔和山丘上，也是為什麼同一支天線能聽到遠處的高空航空器，而低空的航空器只有在靠近時才聽得到。

如何教

以第 2 課留下的問題開場：如果無線電是一種我們看不見的光，那誰看得見？答案是一隻金屬耳朵，也就是天線，而第一件事就是去找一些天線。Wi-Fi 分享器有短棒，或把它們藏在裡面；外面的汽車車頂上有一個鯊魚鰭；每支手機的邊框裡都藏著一支；學校屋頂上可能有好幾支。讓全班去找，或是您自己拍照帶回來，列出一張清單。問問它們有什麼共同點：它們是金屬做的，有特定的形狀和大小，而且常常裝在高處。這兩個觀察就是這堂課的內容，您可以答應會逐一解釋。

關於大小，來做模型天線。每個孩子剪一條 7 cm 長、約一公分寬的厚紙條，用鋁箔紙包起來，然後立在一塊同樣包了鋁箔紙的正方形厚紙板中央。要誠實說明它是什麼：它對航空器的電波來說是正確的形狀和正確的大小，真正的接收器也正是使用這種形狀，但它本身不能解碼任何東西，因為接住電波只是第一步，讀取脈衝還需要一台無線電和一台電腦（中學課程會實際做出來）。接著用鞦韆來解釋大小：跟著鞦韆自己來回的節奏推，它就盪得最高，而金屬棒在電的方面「盪」得最好，是當它的長度是電波的四分之一時。把一把 27.5 cm 的尺放在 7 cm 的棒子旁邊，讓大家看到棒子是尺的四分之一。年紀較大的組別可以自己量、自己驗證。下面那塊鋁箔正方形是完成這隻耳朵的鏡子，這樣說就可以了，不必再深入。

關於高度，到外面去，並帶著這個問題：為什麼天線要裝在高處？讓一個孩子站在操場的一端，先蹲下、再站起來、再站到長椅上，每次問他在另一端看到了什麼；隨著他升高，原本藏在矮牆或停著的汽車後面的東西就出現了。然後跳到地球：地面本身是彎的，就像一顆巨大的球的頂部，夠遠的東西都會被藏在這個弧度後面，就像一艘已經航行到地平線另一邊、只剩桅杆還露出來的船。屋頂上的天線就是站在長椅上的孩子。高空中的航空器就是一艘桅杆非常高的船。在黑板上畫一個圓，上面插一根棒子，再畫一條擦過圓的直線：線上方的一切都聽得到，線下方的一切都在地球後面。接著可以給九到十一歲的孩子真實的數字，請他們和熟悉的距離比較：400 km 比布魯塞爾到巴黎來回一趟還遠；50 km 大約是一個省的寬度。

如果還有時間，一個關於距離減弱的小示範很值得做：在黑暗禮堂的一端，手電筒只能微微照亮一張紙；拿到一半的距離時，同一張紙明顯亮了不只兩倍，因為光束散布在較小的面積上。可以告訴年紀較大的孩子這個規則：距離減半，亮度變成四倍，並說明其中的關聯：飛機的無線電也以同樣的方式散開，這就是為什麼遠處的飛機需要靈敏的接收器。

孩子常犯的錯誤，以及該怎麼說

孩子常以為天線越大一定越好，就像耳朵越大越好一樣。對這種電波來說並不是：重要的是大小剛好，而剛好的大小很小。他們也以為天線裝在高處是「為了離飛機近一點」；往上的距離和水平的距離相比微不足道，真正的原因是地球的弧度，而這是一個更有趣的答案。最後，聲音的混淆在這裡會以「天線聽到飛機的噪音」的形式回來。每次都要把它抓出來：天線接住的是看不見的光，不是聲音，即使是一架完全沒有聲音的航空器，它也一樣接得到。

第 4 課

地圖：許多耳朵如何拼成一幅畫面

您需要知道的科學

單一支天線加上它的接收器，會解碼它能聽到的訊息，因此知道它地平線內每一架正在說話的航空器的位置、高度和身分；對高空交通來說，這大致是一個直徑幾百公里的圓，對低空交通則小得多。要看到整個國家，就需要許多這樣的接收器，分散開來讓它們的圓圈重疊，而每一台都把聽到的內容透過網路傳到一台中央電腦。這台電腦做兩件工作。第一是合併：一架高空的航空器通常同時被十到二十台接收器聽到，而從所有接收器傳來的同一則訊息，必須被辨識為一架航空器，而不是二十架。第二是檢查：如果某台接收器回報的位置和所有鄰近的接收器都不一致，那個回報很可能是解碼錯誤，會被排除。結果就是即時地圖，每秒更新一次，完全由航空器說的和天線聽到的內容建構而成。航管員看到的是類似的畫面，再加上雷達作為獨立的第二意見，因為一個依賴航空器說實話的系統需要這樣的第二意見。

地圖只顯示正在說話的航空器。幾乎所有客機都會說話；許多小型私人飛機、滑翔機和熱氣球並沒有被要求裝設，而軍機則常常選擇不說話。所以地圖是誠實的，但並不完整，這是孩子對任何地圖都值得學到的一件事，也是讓課程以一個問號、而不是句號結束的自然方式。

如何教

回到第 1 課地上的方格，但這次塔臺不能聽到全部。在教室的角落安排三到四支「天線」（拿著紙本方格的孩子），告訴每一支天線，它只能聽到方格中自己那一半或四分之一區域的航空器；航空器照之前的方式報出訊息。然後請天線們把紙集合起來並排放好。合併後的畫面上有每一架航空器；單獨一張紙只有其中幾架。有些航空器出現在兩張紙上，全班必須同意這是同一架航空器，而不是兩架。這就是合併工作的全部，由十歲的孩子在五分鐘內完成，而且它能讓「地圖是許多聆聽者拼成的拼圖」這個概念生根。

接著讓它變成真的。用投影機打開即時地圖，放大到學校，給每一組一架航空器，跟著它十分鐘：它的呼號、高度、速度、從哪裡來、要到哪裡去。請他們為它填一張卡片，把卡片釘在區域掛圖上他們最後看到它的位置。在他們進行時，把他們看到的內容一句一句連結到課程的那條鏈：那架航空器每秒說兩次話；它的訊息坐在看不見的光上；400 km 內某個人屋頂上的天線接住了它；那支天線把訊息傳到畫出這張地圖的電腦；所以你才能在螢幕上讀到它的高度。請全班用自己的話把這條鏈說給您聽；這就是評量，到這個時候，班上大多數人應該都做得到。

最後用兩個問題收尾。如果一架航空器不再說話，會發生什麼事？它會從地圖上消失，不過航管員還有雷達。天上所有的飛機都在地圖上嗎？不是，而討論哪些飛機不見了、以及為什麼有人可能不想被看到，是一個很好的收尾點，留給一個已經理解地圖是由測量做成、而且只有在聆聽者足夠時才完整的班級。

孩子常犯的錯誤，以及該怎麼說

「是衛星做出地圖」這個想法在這裡會非常頑固地回來，因為地圖在螢幕上，螢幕上的東西來自網路，而在孩子心中，網路來自太空。溫和地把它拆開：衛星只告訴飛機時間；飛機算出自己在哪裡；飛機說出來；屋頂上的天線聽到它；電腦把它畫出來。除了第一步之外，每一步都在地面上，而且就算把衛星換成任何其他能讓飛機找到自己的東西，地圖一樣能運作。

評量：他們能說出這個故事嗎？

這門課只有一個學習成果，包含四個環節，而評量就是看孩子能不能依序、帶著理由說出這條鏈。請每個孩子或每一組解釋一架飛機是怎麼出現在地圖上的，並注意聽這四個環節：飛機知道自己在哪裡，並且在沒有人要求的情況下一再說出來；訊息以無線電波的形式傳播，那是一種我們眼睛看不見的光，和聲音完全不同；天線，一隻調好音的金屬耳朵，接住了它，但只能接住在地球弧度上方的航空器；而許多天線一起分享聽到的內容，就做出了地圖。六到八歲的孩子能把四個步驟依正確順序當成故事講出來，就達到了學習成果。九到十一歲的孩子還應該能在每一步說出理由：為什麼是每秒兩次、為什麼是光而不是聲音、為什麼是 7 cm 而且要裝在高處、為什麼需要許多天線而不是一支。

學生頁面最後有一個簡短的小測驗，全班可以用平板作答，或用舉手的方式進行；答案以及您應該期待聽到的推理如下。飛機大約每秒送出兩次訊息，因為一分鐘內它會移動 15 km，地圖就沒有用了。訊息裡沒有乘客的名字，只有航空器的身分、位置、高度和速度。無線電波是一種我們眼睛看不見的光，不是聲音，因為它不需要空氣，而且快了將近一百萬倍。天線裝在屋頂上，是為了讓它的直線視線越過地球的弧度延伸得更遠，而不是為了離飛機近一點。而地圖需要許多天線，是因為每一支只能聽到直徑幾百公里的一圈天空。

如果學校想在屋頂上架設一台小型接收器，讓自己那片天空出現在即時地圖上，讓第 4 課以全班自己的天線作結，可以在「成為資料提供者」頁面找到所需的一切。

下一步

學校屋頂上的接收器

這四堂課很自然地以一台屬於學校的接收器作結。動手做工作坊是完整的指南：零件和價格（100 到 150 歐元，或使用現有的 Raspberry Pi）、該選擇的天線以及擺放的位置、如何準備電腦並安裝 Dataero 資料提供程式，以及一個班級一整年可以用它進行的測量。學校的站臺會以學校的名稱出現在公開地圖上，而它的儀表板一年到頭每天都能回答「那是什麼飛機？」

開啟動手做工作坊 https://radar.dataero.eu/zh-hant/learning/workshop