

كيف تشرح الطائرات المتكلمة لطفل

تمنحك هذه الصفحة الفهم، لا مجرد النص الذي تقوله. يشرح كل فصل فكرة شرحًا صحيحًا، ثم يبين الصورة التي يستطيع طفل بين 5 و 12 سنة أن يحملها عنها، ولماذا هذه الصورة صادقة، وأين تنكسر، والعرض العملي على طاولة المطبخ الذي يجعلها حقيقية. اقرأها مرة وحدك؛ ثم تتولى صفحة الطفل الرواية.

تعلّم - <https://radar.dataero.eu/ar/learning/family> 2026-10-22

المحتويات

لماذا ينجح هذا الموضوع مع الأطفال إلى هذا الحد	الفصل 4 الضوء الخفي: ما هي الموجة الراديوية فعلاً
الفصل 1 السماء المزدحمة، ولماذا يجب أن يتابعها أحد	الفصل 5 آذان من معدن: الهوائيات، ولماذا تهتم كروية الأرض
الفصل 2 كيف تعرف الطائرة مكانها: الرعد والبرق والأقمار الاصطناعية	الفصل 6 الخريطة: آذان كثيرة تصنع صورة واحدة
الفصل 3 الرسالة: ماذا تقول الطائرة، وكم مرة	أسئلة يطرحها الأطفال، وإجابات صادقة
	التالي الفصل الأخير مستقبل حقيقي

لماذا ينجح هذا الموضوع مع الأطفال إلى هذا الحد

الأطفال بين الخامسة والثانية عشرة محققون بالفطرة في عالم الخفي. فهم يقبلون أصلاً أن الهاتف «يكلم» برّجاً لا يرونه، وأن جهاز التحكم عن بعد «يرسل» شيئاً إلى التلفاز، وأن القمر يجذب البحر. وما ينقصهم ليس الاستعداد للإيمان بالأشياء الخفية بل صورة لكيفية عملها، وهم يميزون بين الشرح الحقيقي و«إنه مجرد سحر» بدقة مذهلة. يمنحك ADS-B سلسلة من خمس أفكار، لكل منها صورة ملموسة وصادقة يستطيع الطفل حملها، ويمكن عرض كل منها عملياً في البيت بحبل ومصباح يدوي وهاتف.

المبدأ الموجّه في هذه الصفحة هو أن التبسيط يجب أن يكون شيئاً صحيحاً يُقال ببساطة، لا شيئاً خاطئاً يُقال للطمأنينة. «الراديو ضوء لا تراه عيناك» تبسيط لكنه صحيح، وسيومي الفيزيائي بالموافقة. «الراديو نوع خاص من الصوت» بسيط وخاطئ، وسيتعين محوه من الذهن في سن الرابعة عشرة. وكل تشبيه أدناه مُعلّم بحيث يصحّ وحيث ينكسر، لتقول «إنه يشبه قليلاً...» بثقة، و«لكن ليس تمامًا، لأن...» عندما يلجّ طفلك.

العمق بحسب العمر

مع طفل بين 5 و 7 سنوات، تكفي الفصول 1 و 3 و 4 و 6، مروية كقصة، والعروض العملية هي الأساس. ومع طفل بين 8 و 12 سنة، امضي في الفصول الستة كلها؛ سيريدون الأرقام (مرتين في الثانية، 300,000 km في الثانية، 400 km) و«لماذا»، ويمكنك أن تدعمهم يشغلون الخريطة المباشرة بأنفسهم. وإن أردت الشرح الكامل للكبار وراء أي فصل، فالدورة المرجعية تغطيه بإسهاب.

الفصل 1

السماء المزدحمة، ولماذا يجب أن يتابعها أحد

الفكرة. في يوم عادي تعبر نحو 30,000 رحلة أوروبا. وفوق بلدة بلجيكية، تكاد توجد دائمًا طائرة ركاب واحدة على الأقل في السماء، وعادة عدة طائرات، وجميعها تقريبًا أعلى بكثير من أن تُرى بوضوح: على ارتفاع عشرة كيلومترات، حيث الهواء رقيق وبارد ولا تظهر الطائرات إلا كلمعة أو خط أبيض. تطير بسرعة نحو 900 km/h، أي 250 مترًا كل ثانية، ولا تستطيع رؤية بعضها بعضًا أفضل مما نراها نحن. لذا يجب أن يعرف أحد على الأرض مكان كل واحدة منها، طوال الوقت، لإبقائها متباعدة. تلك المهمة تُسمى مراقبة الحركة الجوية، وسؤال الدورة كله هو: كيف يعرفون؟

صورة الطفل. السماء طريق سريع لا طريق مرسومة عليه ولا خطوط بين مساراته، والسيارات فيه تسير أسرع من أي شيء على الأرض ولا ترى بعضها بعضًا. ويجب أن يكون هناك من ينظم المرور للسماء كلها، كالشخص الذي ينظم عبور التلاميذ أمام المدرسة. يجد الأطفال هذا مثيرًا حقًا ما إن يدركوا كم طائرة هناك في الأعلى؛ والمفاجأة هي الخظاف لكل ما يأتي بعدها.

أين تصخّ وأين تنكسر. صورة الطريق السريع جيدة لـ«سريعة، كثيرة، يجب إبقاؤها متباعدة». وهي مضللة إن استنتج الطفل أن الطائرات تتبّع مسارات مرسومة قريبة من بعضها؛ فالحقيقة أنها تُبقى متباعدة رأسيًا بما لا يقل عن 300 متر وأفقيًا بعدة كيلومترات، ولهذا تندر التصادمات إلى هذا الحد. قل: «القاعدة أنها يجب ألا تقترب أبدًا أكثر من ثلاثة ملاعب كرة قدم مرصوفة فوق بعضها».

في البيت: عدّ الدقائق الخمس

قف عند نافذة أو في الحديقة خمس دقائق، تنظر وتستمع. سجّل كل طائرة تراها أو تسمعها. ثم افتح الخريطة المباشرة على هاتفك، وكبّر على بلدتك، وقارن: تكاد توجد دائمًا طائرات أكثر مما لاحظت. والفجوة بين ما تلتقطه العين وما تعرضه الخريطة هي الدرس: السماء أكثر ازدحامًا بكثير مما تبدو، وهناك من يرى كل ذلك. احتفظ بالعدد؛ ستستخدمه ثانية في الفصل 6.

الفصل 2

كيف تعرف الطائرة مكانها: الرعد والبرق والأقمار الاصطناعية

الفكرة. اللمسة الذكية في ADS-B أن الأرض لا تحتاج إلى العثور على الطائرة: فالطائرة تعرف مكانها أصلًا وتقول به بساطة. وهي تعرفه بفضل أقمار الملاحة الاصطناعية، نحو ثلاثين منها تدور حول الأرض على ارتفاع 20,000 km، لكل منها ساعة دقيقة جدًا، وكل منها ينادي بلا توقّف: «أنا القمر الاصطناعي رقم 12، والوقت الآن بالضبط...». يستغرق الراديو وقتًا قصيرًا للنزول من ذلك الارتفاع، نحو سبعة أجزاء من مئة من الثانية، فتسمع الطائرة وقت كل قمر متأخرًا قليلًا. ومقدار التأخر يخبرها كم يبعد ذلك القمر. ومن أربعة أقمار، أربع مسافات، ولا توجد في العالم كله إلا بقعة واحدة على المسافة الصحيحة من الأربعة جميعًا: هناك الطائرة، بدقة بضعة أمتار.

صورة الطفل. الرعد والبرق. ترى الومضة في الحال، وتسمع الرعد لاحقًا، وكلما طالت الفجوة كانت العاصفة أبعد: عدّ الثواني واقسم على ثلاثة لتحصل على الكيلومترات. القمر الاصطناعي هو البرق، والطائرة هي أنت تعدّ. تخيّل الآن أربع عواصف في آن واحد في أربعة اتجاهات؛ لو عرفت بُعد كل واحدة، لاستطعت حساب مكان وقوفك بالضبط. والأطفال الذين عدّوا الرعد يملكون نصف هذه الفكرة أصلًا.

أين تصخّ وأين تنكسر. تصخّ على نحو رائع لـ«التأخر يخبر بالمسافة». وتنكسر في موضع واحد: مع الرعد، يصل الشيء البطيء (الصوت) بعد الشيء السريع (الضوء)، وأنت تقارن بينهما. أما مع الأقمار الاصطناعية فهناك إشارة واحدة فقط، والطائرة تعرف متى أرسلت لأن القمر يكتب وقت الإرسال داخل الرسالة، كرسالة بريدية كُتب عليها وقت إرسالها. فإن سأل طفلك «لكن كيف تعرف الطائرة متى صاح القمر؟»، فهذا هو الجواب الصحيح، وعلامة على أنه فهم.

في البيت: لعبة الصدى

قفا عند طرفي غرفة طويلة أو حديقة. يصقّق أحدهما؛ ويرفع الآخر يده لحظة سماعه. اقتربا، ابتعدا. جرّبا الآن بومضة مصباح يدوي بدلاً من التصفيق: لا تأخّر تلاحظانه. هذا هو الفرق بين الصوت (بطيء، 340 m كل ثانية) والضوء أو الراديو (سريع إلى حدّ أن التأخّر خفي في البيت، لكن الأقمار الاصطناعية بعيدة إلى حدّ أن حتى الضوء يستغرق لحظة قابلة للقياس). وللطفل الأكبر، أضف الرقم: يقطع الضوء 300,000 km في الثانية، والقمر الاصطناعي على ارتفاع 20,000 km، فالتأخّر نحو جزء من خمسة عشر من الثانية.

الفصل 3

الرسالة: ماذا تقول الطائرة، وكم مرة

الفكرة. نحو مرتين كل ثانية، يرسل جهاز راديو صغير في الطائرة، المرسل المستجيب، رسالة قصيرة من دون أن يطلب منه أحد ذلك. للرسالة أربعة أجزاء: اسم (رمز دائم تُعطاه كل طائرة عند تسجيلها، يشبه لوحة السيارة، إضافة إلى رمز نداء الرحلة مثل «الخطوط الجوية البلجيكية 1234»)، وموقع (موقع الأقمار الاصطناعية من الفصل 2)، وارتفاع (مقيس من ضغط الهواء في الخارج، الذي ينخفض كلما صعدت)، وسرعة واتجاه. الرسالة صغيرة جدّاً، طولها 112 إجابة بنعم أو لا، وتدوم نحو جزء من عشرة آلاف من الثانية. وفي نهايتها 24 إجابة إضافية بنعم أو لا تعمل كرقم التحقق في الرمز الشريطي: يجري المستمع عملية حسابية على الرسالة، فإن لم تطابق النتيجة الفحص، فقد تشوّش شيء في الطريق وتُرمى الرسالة.

صورة الطفل. الطائرة طفل يتجوّل في غرفة ويقول، كل نصف ثانية: «أنا زوم، أنا بجانب الأريكة، أنا عالٍ، أنا سريع». لا ينتظر أن يُسأل، ولا يبالي بمن يستمع، ولا يتوقّف أبداً. هذه هي الصورة الوحيدة في الدورة التي يستطيع الطفل تمثيلها بجسده كله، وهي تستحق العناء، لأن «الطائرة ترسل رسالتها» لن تكون بعدها فكرة مجرّدة بل شيئاً كانه هو.

أين تصحّ وأين تنكسر. تصحّ لـ«تلقائية، متكرّرة، مبنوثة للجميع»، وهي بالضبط الخصائص الثلاث التي يهتم بها المهندسون. وتنكسر عند كلمة «تقول»: فالرسالة ليست كلمات ولا صوتاً بل نمط من النبضات الراديوية، وهذا موضوع الفصل 4. وإن كان الطفل أكبر، اشرح الإجابات الـ112 بنعم أو لا: «لا تستطيع الطائرة إرسال حروف، بل نعم أو لا فقط، فترسل 112 منها متتالية، واتفق الجميع على معنى كل واحدة. والأربع والعشرون الأولى، معاً، تهجئ اسمها.» ويمكن أن يُبيّن لطفل في العاشرة أن 24 إجابة بنعم أو لا تعطي نحو 17 مليون اسم مختلف، وهو ما يكفي لكل طائرة صُنعت على الإطلاق.

خط شائع يجب استباقه. يظن كثير من الأطفال (والكبار) أن الطائرة «يراهها الرادار» أو «تراقبها الأقمار الاصطناعية». القمر الاصطناعي لا يراقب الطائرة؛ الطائرة تستمع إلى القمر، وتحسب مكانها، ثم تخبر الأرض بنفسها. الرادار موجود فعلاً ولا يزال يُستخدم، لكنه يعمل بالطريقة المعاكسة، بإرسال إشارة تنعكس عن الطائرة. ويستحق هذا الفرق أن يُقال بوضوح لأنه جوهر ADS-B كله: لا أحد يعثر على الطائرة، الطائرة تعلن عن نفسها.

في البيت: كن طائرة، ثم كن البرج

الطفل هو الطائرة: ذراعه ممدودتان، يتجوّل في الغرفة، ويقول الرسالة ذات الأجزاء الأربعة كل بضع خطوات. وأنت برج المراقبة، معك ورقة، ترسم مكانه في كل مرة يتكلّم. ثم تبادل الأدوار. ثم جرّبا والطفل لا يقول الرسالة إلا مرة في الدقيقة: لاحظا كم يبتعد بين الرسائل، وكم يتأخّر رسمك عنه. ولهذا تهّم المرتان في الثانية.

الفصل 4

الضوء الخفي: ما هي الموجة الراديوية فعلاً

الفكرة. تغادر الرسالة الطائرة على شكل موجة راديوية، والموجة الراديوية ضوء. ليست «مثل» الضوء: بل الشيء نفسه. الضوء تموج من الكهرباء والمغناطيسية ينتقل عبر الفضاء بسرعة 300,000 km كل ثانية، وما يجعل تموجاً أحمر، وآخر أزرق، وآخر موجة راديوية أو أشعة سينية، هو فقط مدى سرعة اهتزازها. وأعينا مبنية، مصادفة، لتلاحظ نطاقاً ضيقاً من سرعات الاهتزاز، هو ألوان قوس قزح. ويهتز الراديو أبداً بكثير من أي شيء تستطيع أعينا التقاطه: تهتز موجة الطائرة 1,090 مليون مرة في الثانية، وهذا يبدو سريعاً حقاً تعرف أن الضوء الأخضر يهتز أسرع منه بنصف مليون مرة. والاهتزاز البطيء يعني أيضاً أن الموجة «طويلة»: المسافة من تموج إلى التالي 27.5 cm، نحو مسطرة مدرسية، بينما هي للضوء الأخضر أقل من جزء من ألف من المليمتر.

صورة الطفل. لون لا تراه عينك. يقبل الأطفال فوراً أن الكلاب تسمع صفارات لا نسمعها، وأن النحل يرى نقوشاً على الأزهار لا نراها؛ و«الراديو لون لا نراه، لكن الهوائي يراه» تحظ في المكان نفسه بالضبط. ثم الحبل: هز حبلًا ببطء فتحصل على موجات طويلة كسولة؛ هزه بسرعة فتحصل على موجات قصيرة نشطة. الراديو من النوع الطويل الكسول، والضوء من النوع القصير النشط، وكلاهما يسير بالسرعة نفسها على الحبل.

أين تصحّ وأين تنكسر. يصحّ الحبل لـ«الموجة» و«الطول الموجي» و«الهرّ الأسرع يصنع موجات أقصر»، وهذه فيزياء حقيقية (سرعة الحبل ثابتة، فحاصل ضرب التردد في الطول الموجي ثابت، تمامًا كما للضوء). وينكسر في أن الحبل يحتاج إلى الحبل: فالضوء والراديو لا يحتاجان إلى شيء، ويعبران الفضاء الفارغ، وهكذا تصل إشارة القمر الاصطناعي إلى الطائرة. والخلط الذي يجب تجنبه قبل كل شيء هو خلط الراديو بالصوت. الصوت جزيئات هواء يصطدم بعضها ببعض، بطيء (340 m في الثانية)، يحتاج إلى هواء. والراديو ضوء، أسرع بنحو مليون مرة، لا يحتاج إلى شيء. والصندوق في المطبخ المسمّى «راديو» هو في الحقيقة لاقط لضوء الراديو يحوّل ما يلتقطه إلى صوت، ويستحق الأمر أن يُقال.

في البيت: الحبل والمصباح

اربط حبل قفز بمقبض باب. هزّات بطيئة، هزّات سريعة؛ قس موجة واحدة من كل نوع بمسطرة. ثم المصباح: أشعله واسأل أين الضوء. في كل مكان في الغرفة، فوراً. اسأل: «لو كان المصباح راديو، هل يستطيع هوائي الطائرة أن يراه؟» نعم، لأنه المادة نفسها. وأخيراً ارفع مسطرة: «موجة الطائرة بهذا الطول، من تموج إلى التالي، وهي تمرّ عبر هذه الغرفة في هذه اللحظة، آلاف التمرّجات في الثانية، ولا نرى واحدًا منها.»

الفصل 5

آذان من معدن: الهوائيات، ولماذا تهتم كروية الأرض

الفكرة. الموجة الراديوية التي تمرّ بقطعة معدن تجعل الكهرباء داخل المعدن تتأرجح ذهابًا وإيابًا بإيقاعها. وذلك التأرجح الضئيل هو «السمع». ويسمع المعدن أفضل ما يسمع عندما يكون بالحجم المناسب للموجة، ربع المسافة من تموج إلى تموج، وهي لموجة الطائرة نحو 7 cm. ولهذا يكون هوائي هذا الغرض قضيبًا صغيرًا، ولهذا يسمع السلك ذو الطول الخاطئ سماعةً سيئًا: فالهوائي أذن مضبوطة، كأرجوحة لا ترتفع إلا إذا دفعته بإيقاعها هي. ولأن الراديو ضوء، فهو يسير في خطوط مستقيمة، ولأن الأرض كروية، فإن الخط المستقيم من هوائي منخفض يصطدم بالأرض سريعًا. وكلما ارتفع الهوائي، امتدّ الخط أبعد قبل أن تعترضه الأرض: من سطح منزل، يمكن سماع طائرة على ارتفاع عشرة كيلومترات من أكثر من 400 km، أبعد من بروكسل إلى باريس ذهابًا وإيابًا. وما وراء ذلك، تكون تحت الأفق وصامتة، مهما قويت الإشارة.

صورة الطفل. صورتان. الهوائي أذن من معدن، ومثل الأذن الحقيقية له حجم يناسب أصواتًا معيّنة (يعرف الطفل أن أذني الكلب الكبيرتين وأذني الفأر الصغيرتين تسمعان أشياء مختلفة). والأفق هو الوقوف على كرسي لترى فوق الحشد: الأرض كرة كبيرة جدًا، وكلما ارتفعت رأيت أبعد فوق انحنائها. سارية السفينة، والمناورة، والمراقب فوق الشجرة كلها الفكرة نفسها، وغالبًا ما صادف الأطفال

واحدة منها في قصة.

أين تصحّ وأين تنكسر. تصحّ صورة الأذن لـ«تلتقط الموجة، مضبوطة على حجم». وتنكسر في أن الأذن هي أيضًا حيث يحدث السمع، بينما الهوائي يلتقط فقط: ففكّ الترميز الفعلي يحدث في مستقبل وحاسوب، وهذا شأن الفصل 6. وصورة الكرسي قريبة من الدقة التامة؛ والتهديب الوحيد، للطفل الأكبر، أن الهواء يحني الراديو قليلًا جدًا نحو الأسفل، فيكون الأفق الراديو أبعد قليلًا من الأفق الذي تراه.

في البيت: صيد الهوائيات ونزهة الأفق

ابحثا عن الهوائيات: جهاز Wi-Fi (قضبان، أو مخفية داخله)، وزعنفه السيارة، والهاتف (مخفي داخل حافته)، وجهاز راديو، والسطح. لاحظا كم منها في الأعلى، واسأل لماذا. ثم اذهبا إلى مكان مطلق: طفل يجلس القرفصاء، ثم يقف، ثم على كتفك يرى أبعد قليلًا في كل مرة. اشرح أن هوائي الطائرات على سطح منزل يفعل الشيء نفسه، وأن الطائرة البعيدة «مختبئة خلف الأرض الكروية» حتى تصعد بما يكفي لتطلّ من فوقها.

الفصل 6

الخريطة: آذان كثيرة تصنع صورة واحدة

الفكرة. يسمع الهوائي الواحد دائرة من السماء قطرها بضع مئات من الكيلومترات. ولا أحد يستطيع سماع أوروبا كلها من سطح واحد، لذا تُبنى الخريطة من مئات الهوائيات، على المنازل والمطارات والمدارس، يرسل كل منها ما يسمعه عبر الإنترنت إلى مكان واحد، حيث يجمع حاسوب القطع: فالطائرة نفسها يسمعها عادة عشرة أو عشرون هوائيًا في آن واحد، ويلاحظ الحاسوب أنها الطائرة نفسها. والنتيجة هي الخريطة المباشرة: كل طائرة تتكلم، وأين هي، وما ارتفاعها، وما سرعتها، محدثة كل ثانية. لم تقس الأرض شيئًا من ذلك؛ الطائرة قالت، والهوائيات استمعت، والحاسوب جمع القطع. ويرى مراقبو الحركة الجوية الصورة نفسها تقريبًا، مع الرادار مضافًا فوقها كراي ثانٍ.

صورة الطفل. أحجية تركيب. يحمل كل هوائي قطعة واحدة، دائرة من السماء؛ ضع الدوائر كلها معًا فتحصل على الصورة الكاملة، والقطع متداخلة عند الحواف. أو لعبة الهاتف المكسور معكوسة: بدلًا من رسالة واحدة تُمرّر وتتشوّش، يبلغ مئات المستمعين كل عمّا سمعه، والذين سمعوا الشيء نفسه يؤكّد بعضهم بعضًا.

أين تصحّ وأين تنكسر. الأحجية قريبة من الدقة التامة بالنسبة إلى التغطية. وحيث تحتاج الصورة إلى تحذير هو «كل طائرة»: فلا تظهر إلا الطائرات التي تتكلم. وطائرات الركاب تتكلم كلها تقريبًا؛ أما الطائرات الخاصة الصغيرة والطائرات الشراعية وكثير من الطائرات العسكرية فقد لا تتكلم، والطائرة التي يُشوّش على مستقبلها للأقمار الاصطناعية تقول هراء. فالخريطة صادقة لكنها غير كاملة، وهذا شيء جيد أن يعرفه الطفل عن أي خريطة.

في البيت: اعثر على طائرتك

افتح الخريطة المباشرة، وكبّر على منزلك، وانتظر طائرة تمرّ فوقك. اعثر عليها على الخريطة وانقر عليها: الاسم، والارتفاع، والسرعة، ومن أين جاءت وإلى أين تتجه. ثم انظر إلى اللمعة في الأعلى وقل: «تلك تقول رسالتها في هذه اللحظة، مرتين في الثانية، وهوائي أحدهم التقطها، ولهذا نراها على الخريطة.» قارن بالعدد من الفصل 1. واختم بالسؤال الذي يختبر السلسلة كلها: «ماذا سيحدث لو توقّفت تلك الطائرة عن الكلام؟» (ستختفي من الخريطة، لكن المراقبين سيبقى لديهم الرادار.)

أسئلة يطرحها الأطفال، وإجابات صادقة

هذه الأسئلة التي تُطرح أكثر من غيرها، وكل منها يستحق جوابًا حقيقيًا لا جوابًا مطمئنًا، لأن كلاً منها علامة على أن الطفل يختبر النموذج الذي أعطيته إياه.

«هل تسمعي الطائرة إن صرخت؟» لا، والسبب هو الفصل 4 كله: الصراخ صوت، تموج في الهواء يتلاشى خلال بضع مئات من الأمتار، بينما لا يستمع راديو الطائرة إلا إلى الضوء الخفي من الأقمار الاصطناعية ومن الطائرات الأخرى. ويجدر أن تضيف أن لا شيء في بيتك يكلم الطائرة أيضًا. فالخريطة تعمل بالاستماع وحده.

«هل يضغط الطيار زرًا لإرسال الرسالة؟» لا. يرسلها المرسل المستجيب من تلقاء نفسه، مرتين كل ثانية، من لحظة بدء الطائرة بالحركة حتى تُركن، ولا يستطيع الطيار إيقافها إلا بإطفاء المرسل المستجيب، وهذا ممنوع أثناء الطيران. هذه هي «التلقائية» في اسم النظام، والسبب في أن الخريطة لا تنقطع أبدًا ما دامت الطائرة ضمن المدى.

«هل تستطيع الطائرة أن ترانا على الخريطة أيضًا؟» لا تستطيع رؤية المنازل أو الناس. لكنها تستطيع سماع رسائل الطائرات الأخرى من حولها، وفي طائرة الركاب الحديثة تظهر تلك على شاشة في قمرة القيادة، فيرى الطيارون الصورة نفسها التي يراها المراقبون ويستطيعون الابتعاد عن بعضهم حتى لو صمتت الأرض. فالطائرات، بعبارة أخرى، تستمع إلى بعضها بعضًا كما تتكلم.

«لماذا لا أرى الموجة؟» لأن العيون مبنية فقط للضوء الذي يهتز بسرعة هائلة، ألوان قوس قزح، والراديو يهتز أبطأ بكثير من أن تلتقطه، وإن كان لا يزال يهتز أكثر من ألف مليون مرة في الثانية. والهوائي نوع آخر من العيون، مبني لذلك للاهتزاز البطيء بالضبط. ومتابعة جيدة أن تشير إلى أن الطفل لا يرى Wi-Fi في البيت أيضًا، وأن الجواب نفسه ينطبق.

«ماذا لو تكلمت طائرتان في الوقت نفسه؟» يمكن أن تتداخل رسالتاهما عند الهوائي وتتشوشا، وفوق مطار مزدحم يحدث هذا باستمرار. ولهذا بالضبط تنتهي كل رسالة بفحص الإجابات الـ 24 من الفصل 3: تخفق الرسالة المشوشة في الفحص فترمى، ولأن كل طائرة تعيد كلامها بعد نصف ثانية، لا يضيع شيء لوقت طويل. وللطفل الأكبر، هذا مثال لطيف على سبب بناء الرسالة بهذه الطريقة.

«هل الاستماع مسموح؟» نعم. الطائرة تعلن عن نفسها للجميع عن قصد، لكي تسمعها الطائرات الأخرى والناس على الأرض، والاستماع إلى بث لا يضر أحدًا. أما إرسال أي شيء على تردد الطائرات فأمر مختلف، وممنوع منعًا باتًا، ولهذا لا شيء في هذه الدورة يُرسل.

التالي

الفصل الأخير مستقبل حقيقي

تنتهي القصة على أفضل وجه بالشيء الحقيقي على حافة النافذة. تسرد الورشة العملية بالضبط ما تشتريه (نحو 100 إلى 150 يورو)، وتبين كيف تركبه مع طفل، وكيف تحضر الحاسوب الصغير وتثبت مغذي Dataero، وكيف تظهر، بعد ساعة، الطائرات التي يسمعها هوائيك على الخريطة المباشرة مع ذكر محطة عائلتك مصدرًا لها. والطفل الذي شاهد النقطة التي هي «طائرتنا» تظهر على الخريطة لا ينسى كيف وصلت إلى هناك.

افتح الورشة العملية <https://radar.dataero.eu/ar/learning/workshop>