

KIT FAMILLE - POUR LE PARENT

Comment expliquer les avions qui parlent à un enfant

Cette page vous donne la compréhension, pas seulement le texte à réciter. Chaque chapitre explique une idée correctement, puis montre l'image qu'un enfant de 5 à 12 ans peut s'en faire, pourquoi cette image est honnête, où elle cesse de l'être, et la démonstration à faire sur la table de la cuisine pour la rendre réelle. Lisez-la une fois seul ; la page de l'enfant se charge ensuite de raconter.

Apprendre - <https://radar.dataero.eu/fr/learning/family> 2026-10-22

SOMMAIRE

Pourquoi ce sujet marche si bien avec les enfants

CHAPITRE 1 Le ciel encombré, et pourquoi quelqu'un doit tout suivre

CHAPITRE 2 Comment l'avion sait où il est : tonnerre, éclair et satellites

CHAPITRE 3 Le message : ce qu'un avion dit, et à quelle fréquence

CHAPITRE 4 La lumière invisible : ce qu'est vraiment une onde radio

CHAPITRE 5 Les oreilles de métal : les antennes, et pourquoi la rondeur de la Terre compte

CHAPITRE 6 La carte : beaucoup d'oreilles font une seule image

Les questions que posent les enfants, et des réponses honnêtes

ET ENSUITE Le dernier chapitre est un vrai récepteur

Pourquoi ce sujet marche si bien avec les enfants

Entre cinq et douze ans, les enfants sont des détectives nés de l'invisible. Ils admettent déjà qu'un téléphone « parle » à une antenne qu'ils ne voient pas, qu'une télécommande « envoie » quelque chose à la télévision, que la Lune tire sur la mer. Ce qui leur manque, ce n'est pas la volonté de croire aux choses invisibles, mais une image de la façon dont elles fonctionnent, et ils distinguent une vraie explication d'un « c'est magique » avec une justesse surprenante. L'ADS-B vous offre une chaîne de cinq idées, dont chacune a une image concrète et honnête qu'un enfant peut retenir, et dont chacune se démontre à la maison avec une corde, une lampe de poche et un téléphone.

Le principe directeur de cette page est qu'une simplification doit être une chose vraie dite simplement, et non une chose fausse dite pour rassurer. « La radio est une lumière que tes yeux ne voient pas » est simplifié mais vrai, et un physicien approuverait. « La radio est une sorte de son spécial » est simple et faux, et devra être désappris à quatorze ans. Chaque analogie ci-dessous est accompagnée de l'endroit où elle tient et de celui où elle casse, pour que vous puissiez dire « c'est un peu comme... » avec assurance, et « mais pas exactement, parce que... » quand votre enfant insiste.

La profondeur selon l'âge

Avec un enfant de 5 à 7 ans, les chapitres 1, 3, 4 et 6 suffisent largement, racontés comme une histoire, et les démonstrations sont l'essentiel. Avec un enfant de 8 à 12 ans, parcourez les six ; il voudra les chiffres (deux fois par seconde, 300 000 km par seconde, 400 km) et le « pourquoi », et vous pouvez le laisser manipuler lui-même la carte en direct. Si vous voulez l'explication complète pour adulte derrière un chapitre, le cours de référence la développe en détail.

CHAPITRE 1**Le ciel encombré, et pourquoi quelqu'un doit tout suivre**

L'idée. Un jour normal, environ 30 000 vols traversent l'Europe. Au-dessus d'une ville belge, il y a presque toujours au moins un avion de ligne dans le ciel, souvent plusieurs, et presque tous sont bien trop hauts pour qu'on les voie nettement : à dix kilomètres d'altitude, là où l'air est rare et froid et où les avions n'apparaissent que comme un reflet ou une ligne blanche. Ils volent à environ 900 km/h, soit 250 mètres par seconde, et ils ne se voient pas mieux entre eux que nous ne les voyons. Quelqu'un au sol doit donc savoir où est chacun d'eux, à chaque instant, pour les tenir à distance. Ce métier s'appelle le contrôle aérien, et toute la question du cours est : comment savent-ils ?

L'image pour l'enfant. Le ciel est une autoroute sans route peinte dessus et sans lignes entre les voies, et les voitures qui y roulent vont plus vite que tout ce qui existe au sol et ne se voient pas entre elles. Quelqu'un doit jouer l'agent de circulation pour tout le ciel. Les enfants trouvent cela réellement passionnant dès qu'ils réalisent combien d'avions sont là-haut ; la surprise est l'accroche de tout ce qui suit.

Où cela tient et où cela casse. L'image de l'autoroute est bonne pour « rapides, nombreux, à tenir à distance ». Elle induit en erreur si l'enfant en conclut que les avions suivent des routes peintes, serrés les uns contre les autres ; en réalité ils sont maintenus à au moins 300 mètres l'un de l'autre verticalement et à plusieurs kilomètres horizontalement, et c'est pourquoi les collisions sont si rares. Dites : « la règle, c'est qu'ils ne doivent jamais être plus près que trois terrains de football empilés les uns sur les autres ».

À la maison : le comptage de cinq minutes

Restez à une fenêtre ou dans le jardin pendant cinq minutes, à regarder et à écouter. Notez chaque avion que vous voyez ou entendez. Ouvrez ensuite la carte en direct sur votre téléphone, zoomez sur votre ville, et comparez : presque toujours, il y en a plusieurs de plus que ce que vous aviez remarqué. L'écart entre ce que l'œil attrape et ce que la carte montre est la leçon : le ciel est bien plus encombré qu'il n'en a l'air, et quelqu'un peut le voir en entier. Gardez le comptage ; vous le réutiliserez au chapitre 6.

CHAPITRE 2**Comment l'avion sait où il est : tonnerre, éclair et satellites**

L'idée. L'astuce de l'ADS-B, c'est que le sol n'a pas à trouver l'avion : l'avion sait déjà où il est et se contente de le dire. Il le sait grâce aux satellites de navigation, une trentaine d'entre eux qui tournent autour de la Terre à 20 000 km d'altitude, chacun muni d'une horloge très précise, chacun répétant sans

fin « je suis le satellite numéro 12, et il est exactement... ». La radio met un petit moment à descendre de cette hauteur, environ sept centièmes de seconde, si bien que l'avion entend l'heure de chaque satellite avec un léger retard. Ce retard lui dit à quelle distance se trouve ce satellite. Avec quatre satellites, quatre distances, et il n'existe qu'un seul endroit au monde qui soit à la bonne distance des quatre à la fois : c'est là qu'est l'avion, à quelques mètres près.

L'image pour l'enfant. Le tonnerre et l'éclair. On voit l'éclair tout de suite, on entend le tonnerre plus tard, et plus l'écart est long, plus l'orage est loin : compte les secondes et divise par trois pour avoir des kilomètres. Le satellite est l'éclair, l'avion est toi qui comptes. Imagine maintenant quatre orages à la fois dans quatre directions ; si tu savais à quelle distance est chacun, tu pourrais calculer exactement où tu te tiens. Les enfants qui ont déjà compté le tonnerre possèdent la moitié de cette idée.

Où cela tient et où cela casse. Cela tient à merveille pour « le retard donne la distance ». Cela casse en un seul endroit : avec le tonnerre, la chose lente (le son) arrive après la chose rapide (la lumière), et on compare les deux. Avec les satellites il n'y a qu'un seul signal, et l'avion sait quand il a été envoyé parce que le satellite écrit l'heure d'envoi à l'intérieur du message, comme une lettre où l'on aurait noté l'heure de dépôt à la poste. Si votre enfant demande « mais comment l'avion sait-il quand le satellite a crié ? », c'est la bonne réponse, et le signe qu'il a compris.

À la maison : le jeu de l'écho

Placez-vous aux deux bouts d'une longue pièce ou du jardin. L'un de vous frappe dans ses mains ; l'autre lève la main à l'instant où il l'entend. Rapprochez-vous, éloignez-vous. Essayez maintenant avec un éclair de lampe de poche au lieu du claquement : aucun retard perceptible. C'est la différence entre le son (lent, 340 m par seconde) et la lumière ou la radio (si rapides que le retard est invisible à la maison, mais les satellites sont si loin que même la lumière met un instant mesurable). Pour un enfant plus âgé, ajoutez le chiffre : la lumière fait 300 000 km en une seconde, et le satellite est à 20 000 km, donc le retard est d'environ un quinzième de seconde.

CHAPITRE 3

Le message : ce qu'un avion dit, et à quelle fréquence

L'idée. Environ deux fois par seconde, une petite radio à bord de l'avion, le transpondeur, envoie un court message sans que personne ne le lui demande. Le message a quatre parties : un nom (un code permanent attribué à chaque avion lors de son immatriculation, un peu comme une plaque, plus l'indicatif du vol tel que « Brussels Airlines 1234 »), une position (la position satellite du chapitre 2), une hauteur (mesurée à partir de la pression de l'air extérieur, qui diminue quand on monte), et une vitesse avec une direction. Le message est minuscule, 112 réponses par oui ou par non, et dure environ un dix-millième de seconde. À la fin viennent 24 réponses supplémentaires qui fonctionnent comme la clé de contrôle d'un code-barres : celui qui écoute fait un calcul sur le message, et si le résultat ne correspond pas à la clé, quelque chose s'est brouillé en route et le message est jeté.

L'image pour l'enfant. Un avion, c'est un enfant qui se promène dans une pièce en disant, toutes les demi-secondes, « je m'appelle Zoom, je suis près du canapé, je suis tout en haut, je vais vite ». Il n'attend pas qu'on lui demande, il se moque de qui écoute, et il ne s'arrête jamais. C'est la seule image du cours

qu'un enfant peut jouer avec tout son corps, et cela vaut la peine de le faire, parce qu'ensuite « l'avion envoie son message » n'est plus une abstraction mais quelque chose qu'il a été.

Où cela tient et où cela casse. Cela tient pour « automatique, répété, diffusé à tous », qui sont exactement les trois propriétés qui comptent pour les ingénieurs. Cela casse sur le mot « dit » : le message n'est ni des mots ni du son, mais une suite d'impulsions radio, ce qui est le chapitre 4. Si l'enfant est plus grand, expliquez les 112 réponses par oui ou par non : « l'avion ne peut pas envoyer de lettres, il ne peut envoyer que oui ou non, alors il en envoie 112 à la suite, et tout le monde s'est mis d'accord sur ce que chacune veut dire. Les vingt-quatre premières, ensemble, épellent son nom. » On peut montrer à un enfant de 10 ans que 24 réponses par oui ou par non donnent près de 17 millions de noms différents, assez pour tous les avions jamais construits.

Une confusion courante à désamorcer. Beaucoup d'enfants (et d'adultes) pensent que l'avion est « vu par le radar » ou « surveillé par les satellites ». Le satellite ne regarde pas l'avion ; l'avion écoute le satellite, calcule où il est, puis le dit lui-même au sol. Le radar existe bel et bien et sert encore, mais il fonctionne à l'envers, en faisant rebondir un signal sur l'avion. La différence mérite d'être dite clairement, parce qu'elle est tout l'intérêt de l'ADS-B : personne ne trouve l'avion, l'avion s'annonce lui-même.

À la maison : être un avion, puis être la tour

L'enfant est l'avion : bras tendus, il parcourt la pièce en disant son message en quatre parties tous les quelques pas. Vous êtes la tour de contrôle avec une feuille de papier, et vous dessinez où il est à chaque fois qu'il parle. Puis échangez. Essayez ensuite avec l'enfant qui ne dit son message qu'une fois par minute : observez la distance qu'il parcourt entre deux messages, et à quel point votre dessin est en retard. C'est pour cela que deux fois par seconde compte.

CHAPITRE 4

La lumière invisible : ce qu'est vraiment une onde radio

L'idée. Le message quitte l'avion sous forme d'onde radio, et une onde radio est de la lumière. Pas « comme » de la lumière : la même chose. La lumière est une ondulation d'électricité et de magnétisme qui traverse l'espace à 300 000 km par seconde, et ce qui fait qu'une ondulation est rouge, une autre bleue, une autre une onde radio ou un rayon X, c'est uniquement la vitesse à laquelle elle vibre. Nos yeux se trouvent être construits pour remarquer une étroite bande de vitesses de vibration, les couleurs de l'arc-en-ciel. La radio vibre bien plus lentement que tout ce que nos yeux peuvent attraper : l'onde de l'avion vibre 1 090 millions de fois par seconde, ce qui semble rapide jusqu'à ce qu'on apprenne que la lumière verte vibre encore un demi-million de fois plus vite. La vibration lente signifie aussi que l'onde est « longue » : la distance d'une ondulation à la suivante est de 27,5 cm, à peu près une règle d'écolier, alors que pour la lumière verte elle est inférieure à un millième de millimètre.

L'image pour l'enfant. Une couleur que tes yeux ne voient pas. Les enfants admettent d'emblée que les chiens entendent des sifflets que nous n'entendons pas, et que les abeilles voient sur les fleurs des motifs que nous ne voyons pas ; « la radio est une couleur que nous ne voyons pas, mais que l'antenne voit » tombe exactement au même endroit. Puis la corde : secoue une corde lentement et tu obtiens de

longues vagues paresseuses ; secoue-la vite et tu obtiens des vagues courtes et agitées. La radio est de la sorte longue et paresseuse, la lumière de la sorte courte et agitée, et les deux avancent à la même vitesse le long de la corde.

Où cela tient et où cela casse. La corde tient pour « onde », « longueur d'onde » et « secouer plus vite fait des vagues plus courtes », ce qui est de la vraie physique (la vitesse de la corde est fixe, donc fréquence fois longueur d'onde est constant, exactement comme pour la lumière). Cela casse en ce qu'une corde a besoin de la corde : la lumière et la radio n'ont besoin de rien et traversent l'espace vide, et c'est ainsi que le signal du satellite atteint l'avion. La confusion à éviter avant tout est celle de la radio avec le son. Le son, ce sont des molécules d'air qui se bousculent, lent (340 m par seconde), avec besoin d'air. La radio est de la lumière, près d'un million de fois plus rapide, sans besoin de rien. La boîte de la cuisine qu'on appelle « une radio » est en réalité un attrape-lumière-radio qui transforme ce qu'il attrape en son, et cela vaut la peine de le dire.

À la maison : la corde et la lampe

Attachez une corde à sauter à une poignée de porte. Secousses lentes, secousses rapides ; mesurez une vague de chaque sorte avec une règle. Puis la lampe de poche : allumez-la et demandez où est la lumière. Partout dans la pièce, instantanément. Demandez : « si la lampe était une radio, l'antenne de l'avion pourrait-elle la voir ? » Oui, parce que c'est la même chose. Pour finir, brandissez une règle : « l'onde de l'avion est longue comme ça, d'une ondulation à la suivante, et elle traverse cette pièce en ce moment même, des milliers d'ondulations par seconde, et nous n'en voyons pas une seule. »

CHAPITRE 5

Les oreilles de métal : les antennes, et pourquoi la rondeur de la Terre compte

L'idée. Une onde radio qui passe sur un morceau de métal fait aller et venir l'électricité à l'intérieur du métal, en cadence avec elle. Ce minuscule va-et-vient, c'est « l'écoute ». Le métal entend le mieux lorsqu'il a la bonne taille pour l'onde, un quart de la distance entre deux ondulations, ce qui pour l'onde de l'avion fait environ 7 cm. C'est pourquoi l'antenne qui sert ici est une petite tige, et pourquoi un fil de mauvaise longueur entend mal : une antenne est une oreille accordée, comme une balançoire qui ne monte haut que si on la pousse à son propre rythme. Comme la radio est de la lumière, elle va en ligne droite, et comme la Terre est ronde, une ligne droite partant d'une antenne basse rencontre vite le sol. Plus l'antenne est haute, plus la ligne va loin avant que la Terre ne se mette en travers : depuis un toit, un avion à dix kilomètres d'altitude s'entend à plus de 400 km, plus loin que Bruxelles-Paris aller-retour. Au-delà, il est sous l'horizon et silencieux, si fort que soit son signal.

L'image pour l'enfant. Deux images. L'antenne est une oreille de métal, et comme une vraie oreille elle a une taille qui convient à certains sons (un enfant sait que les grandes oreilles d'un chien et les petites d'une souris n'entendent pas les mêmes choses). Et l'horizon, c'est monter sur une chaise pour voir par-dessus une foule : la Terre est une très grosse boule, et plus on est haut, plus on voit loin par-dessus sa courbe. Le mât d'un navire, un phare, une vigie en haut d'un arbre sont tous la même idée, et les enfants en ont généralement rencontré une dans une histoire.

Où cela tient et où cela casse. L'image de l'oreille tient pour « attrape l'onde, accordée à une taille ». Elle casse en ce qu'une oreille est aussi l'endroit où se fait l'audition, alors qu'une antenne ne fait qu'attraper : le décodage proprement dit se passe dans un récepteur et un ordinateur, affaire du chapitre 6. L'image de la chaise est presque exacte ; le seul raffinement, pour un enfant plus âgé, est que l'air incurve très légèrement la radio vers le bas, si bien que l'horizon radio est un peu plus loin que celui qu'on voit.

À la maison : la chasse aux antennes et la promenade de l'horizon

Trouvez les antennes : la box Wi-Fi (ses tiges, ou cachées à l'intérieur), l'aileron de la voiture, le téléphone (cachée dans sa tranche), une radio, le toit. Remarquez combien sont en hauteur, et demandez pourquoi. Puis allez quelque part avec une vue : un enfant accroupi, puis debout, puis sur vos épaules voit chaque fois un peu plus loin. Expliquez que l'antenne sur le toit d'une maison fait la même chose, et qu'un avion lointain « se cache derrière la Terre ronde » jusqu'à ce qu'il monte assez haut pour passer la tête par-dessus.

CHAPITRE 6

La carte : beaucoup d'oreilles font une seule image

L'idée. Une antenne entend un cercle de ciel de quelques centaines de kilomètres de diamètre. Personne ne peut entendre toute l'Europe depuis un toit, alors la carte est construite à partir de centaines d'antennes, sur des maisons, des aéroports et des écoles, qui envoient chacune ce qu'elles entendent par internet vers un même endroit, où un ordinateur assemble les morceaux : le même avion est généralement entendu par dix ou vingt antennes à la fois, et l'ordinateur remarque que c'est le même. Le résultat est la carte en direct : chaque avion qui parle, où il est, à quelle hauteur, à quelle vitesse, mis à jour chaque seconde. Le sol n'a rien mesuré de tout cela ; l'avion l'a dit, les antennes ont écouté, et l'ordinateur a assemblé les morceaux. Les contrôleurs aériens voient à peu près la même image, avec le radar par-dessus comme second avis.

L'image pour l'enfant. Un puzzle. Chaque antenne tient une pièce, un cercle de ciel ; assemble tous les cercles et tu as l'image entière, les pièces se chevauchant sur les bords. Ou un jeu de téléphone sans fil à l'envers : au lieu d'un message qui passe de bouche en bouche en se déformant, des centaines d'écouteurs rapportent chacun ce qu'ils ont entendu, et ceux qui ont entendu la même chose se confirment mutuellement.

Où cela tient et où cela casse. Le puzzle est presque exact pour la couverture. Là où l'image demande une précaution, c'est sur « chaque avion » : seuls les avions qui parlent apparaissent. Presque tous les avions de ligne le font ; les petits avions privés, les planeurs et beaucoup d'avions militaires peuvent ne pas le faire, et un avion dont le récepteur satellite est brouillé dit n'importe quoi. La carte est donc honnête mais pas complète, et c'est une bonne chose à savoir pour un enfant, à propos de n'importe quelle carte.

À la maison : trouvez votre avion

Ouvrez la carte en direct, zoomez sur votre maison, et attendez qu'un avion passe au-dessus. Trouvez-le sur la carte et touchez-le : le nom, la hauteur, la vitesse, d'où il vient et où il va. Puis levez les yeux vers le reflet et dites : « celui-là dit son message en ce moment, deux fois par seconde, et l'antenne de quelqu'un l'a attrapé, et c'est pour ça qu'on le voit sur la carte. » Comparez avec le comptage du chapitre 1. Terminez par la question qui teste toute la chaîne : « que se passerait-il si cet avion arrêta de parler ? » (Il disparaîtrait de la carte, même si les contrôleurs auraient toujours le radar.)

Les questions que posent les enfants, et des réponses honnêtes

Voici les questions qui reviennent le plus souvent, et chacune mérite une vraie réponse plutôt qu'une réponse rassurante, parce que chacune est le signe que l'enfant met à l'épreuve le modèle que vous lui avez donné.

« **L'avion peut-il m'entendre si je crie ?** » Non, et la raison est tout le chapitre 4 : un cri est du son, une ondulation dans l'air qui s'éteint en quelques centaines de mètres, alors que la radio de l'avion n'écoute que la lumière invisible des satellites et des autres avions. Il vaut la peine d'ajouter que rien dans votre maison ne parle à l'avion non plus. La carte fonctionne entièrement par écoute.

« **Le pilote appuie-t-il sur un bouton pour envoyer le message ?** » Non. Le transpondeur l'envoie tout seul, deux fois par seconde, depuis le moment où l'avion commence à rouler jusqu'à ce qu'il soit garé, et le pilote ne pourrait pas l'arrêter sans couper le transpondeur, ce qui est interdit en vol. C'est l'« automatique » du nom du système, et la raison pour laquelle la carte n'a jamais de trou tant qu'un avion est à portée.

« **L'avion peut-il nous voir sur la carte, lui aussi ?** » Il ne peut voir ni les maisons ni les gens. Mais il peut entendre les messages des autres avions autour de lui, et dans un avion de ligne moderne ceux-ci apparaissent sur un écran du poste de pilotage, si bien que les pilotes voient la même image que les contrôleurs et peuvent s'éviter même si le sol restait silencieux. Autrement dit, les avions s'écoutent les uns les autres en même temps qu'ils parlent.

« **Pourquoi je ne vois pas l'onde ?** » Parce que les yeux ne sont construits que pour la lumière qui vibre extrêmement vite, les couleurs de l'arc-en-ciel, et que la radio vibre bien trop lentement pour eux, même si c'est encore plus d'un milliard de fois par seconde. L'antenne est un autre genre d'œil, construit exactement pour cette vibration lente. Une bonne suite est de faire remarquer que l'enfant ne voit pas non plus le Wi-Fi de la maison, et que la même réponse s'applique.

« **Et si deux avions parlent en même temps ?** » Leurs messages peuvent se chevaucher à l'antenne et se brouiller, et au-dessus d'un aéroport fréquenté cela arrive constamment. C'est exactement pour cela que chaque message se termine par le contrôle de 24 réponses du chapitre 3 : un message brouillé échoue au contrôle et est jeté, et comme chaque avion se répète une demi-seconde plus tard, rien n'est perdu longtemps. Pour un enfant plus âgé, c'est un bel exemple de la raison pour laquelle le message est construit comme il l'est.

« **A-t-on le droit d'écouter ?** » Oui. L'avion s'annonce à tout le monde exprès, pour que les autres avions et les gens au sol puissent l'entendre, et écouter une diffusion ne fait de tort à personne. Émettre quoi que ce soit sur la fréquence des avions est une autre affaire, strictement interdite, et c'est pourquoi rien dans ce cours n'émet.

ET ENSUITE

Le dernier chapitre est un vrai récepteur

L'histoire se termine le mieux avec la vraie chose sur le rebord de la fenêtre. L'atelier pratique liste exactement quoi acheter (environ 100 à 150 euros), montre comment l'assembler avec un enfant, comment préparer le petit ordinateur et installer le feeder Dataero, et comment, une heure plus tard, les avions que votre propre antenne entend apparaissent sur la carte en direct avec la station de votre famille nommée comme source. Un enfant qui a vu apparaître sur la carte le point qui est « notre avion » n'oublie pas comment il est arrivé là.

Ouvrir l'atelier pratique <https://radar.dataero.eu/fr/learning/workshop>