Julien SERRES Juliette BLANCHOT

BUGS 'N' ROBOTS

amU Aix Marseille Université
IUF institut universitaire de France
INSTITUT DES SCIENCES DU MOUVEMENT ETIENNE JULES MAREY
soben
TwinswHeel

Un remerciement spécial à Annie Gibert!

gestionnaire à l'Institut des Sciences du Mouvement - Étienne-Jules Marey
(CNRS/Aix Marseille Université, UMR7287)

Mille mercis à Sophie Seguinel

pour la relecture de cette bande dessinée
gestionnaire de l'Institut des Sciences du Mouvement - Étienne-Jules Marey
(CNRS/Aix Marseille Université, UMR7287)

Nous remercions l'entreprise française **TwinswHeel**

fondée par **Vincent** et **Benjamin Talon**
pour leur soutien dans la réalisation de cette bande dessinée.

Scénario: Julien Serres

Professeur des universités à Aix Marseille Université
et membre sénior de l'Institut Universitaire de France,
expert en robotique bio-inspirée et contrôle sensori-moteur

Dessins et couleurs: Juliette Blanchot

coloriste de Alyson ford T3 chez Glénat (Vents d'Ouest)

: Juliette Blanchot BD : Juliette.B.BD

CC BY NC SA

amU Aix Marseille Université institut universitaire de France INSTITUT DES SCIENCES DU MOUVEMENT ETIENNE JULES MAREY soben TwinswHeel

2035, ISS, 400km de la terre.

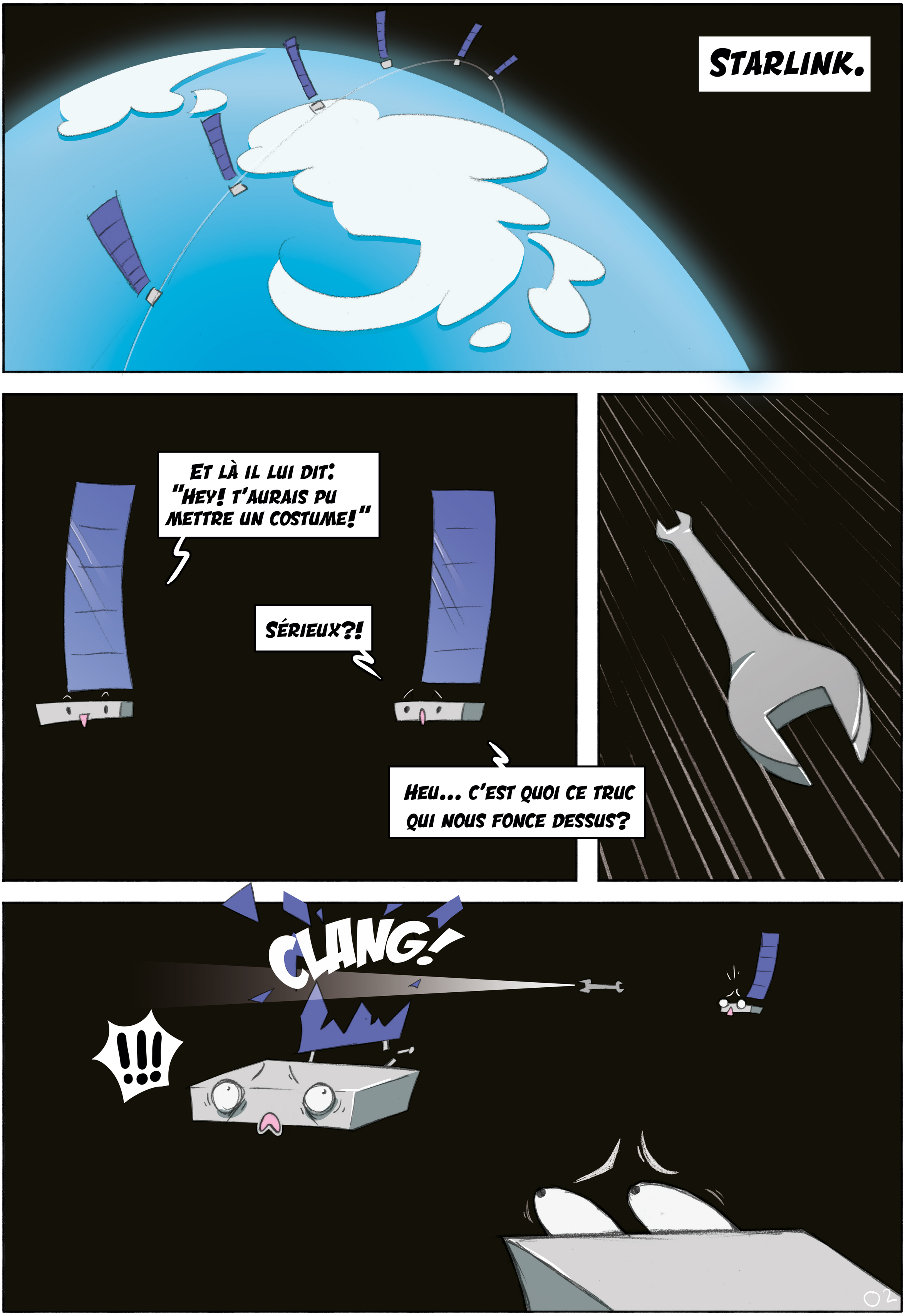
♫ Sailors fighting in the dance hall
Oh man, look at those cavemen go
♫ It's the freakiest show ♫

♫ Is there life on Mars? ♫

!!!

Thomas Pesquet
LIVE
200K
Go to Stars!
COMMENT

It's on America's tortured brow ♫


STARLINK.
ET LÀ IL LUI DIT: "HEY! T'AURAIS PU METTRE UN COSTUME!"
SÉRIEUX?!
HEU... C'EST QUOI CE TRUC QUI NOUS FONCE DESSUS?
CLANG!
!!!
02

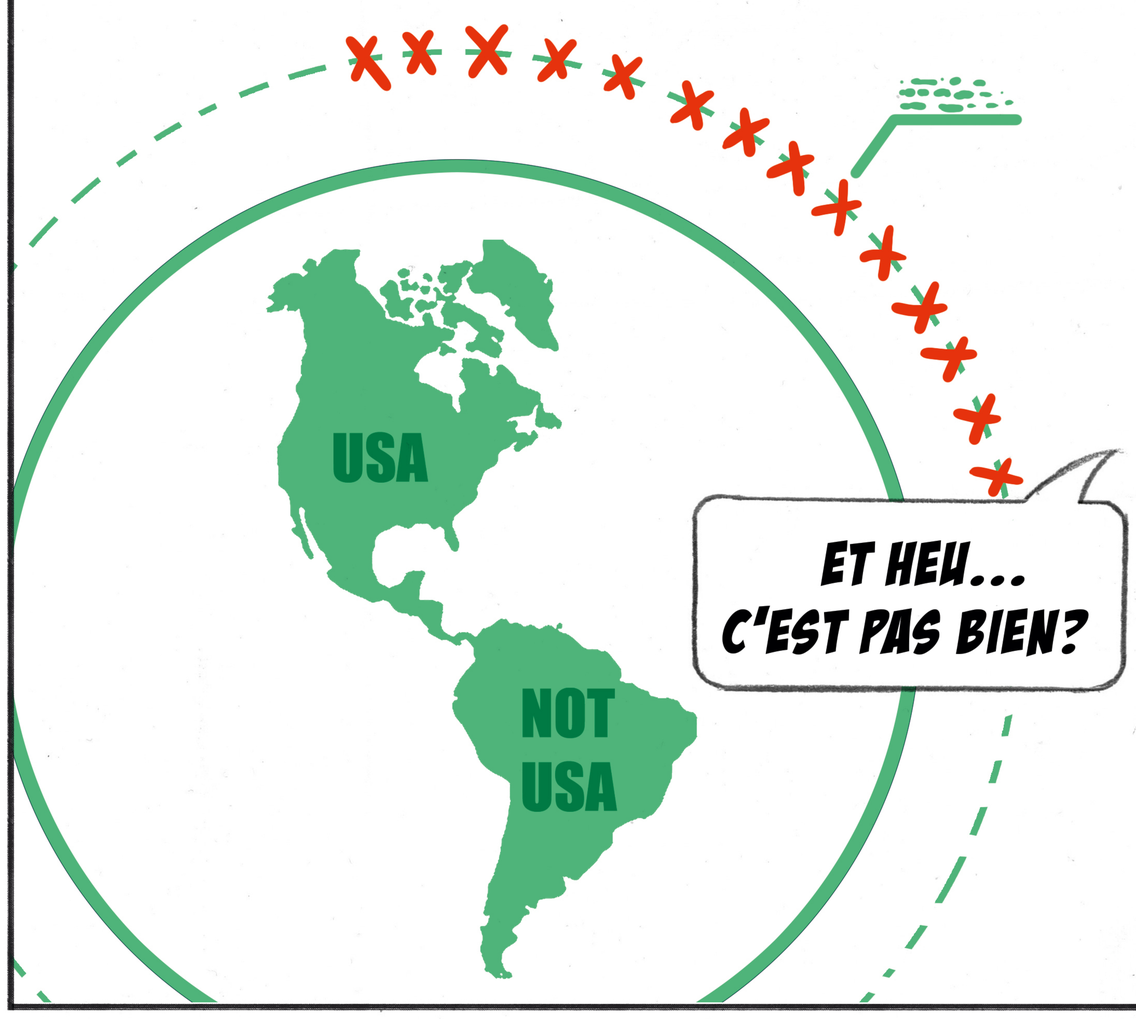
MONSIEUR MUSK!
MONSIEUR MUUUSK!!!!

SPACEX

TO MARS!

QUE VEUX-TU À ELON MUSK, SIMPLE MORTEL?

MONSIEUR MUSK!
ON A UN PROBLÈME!

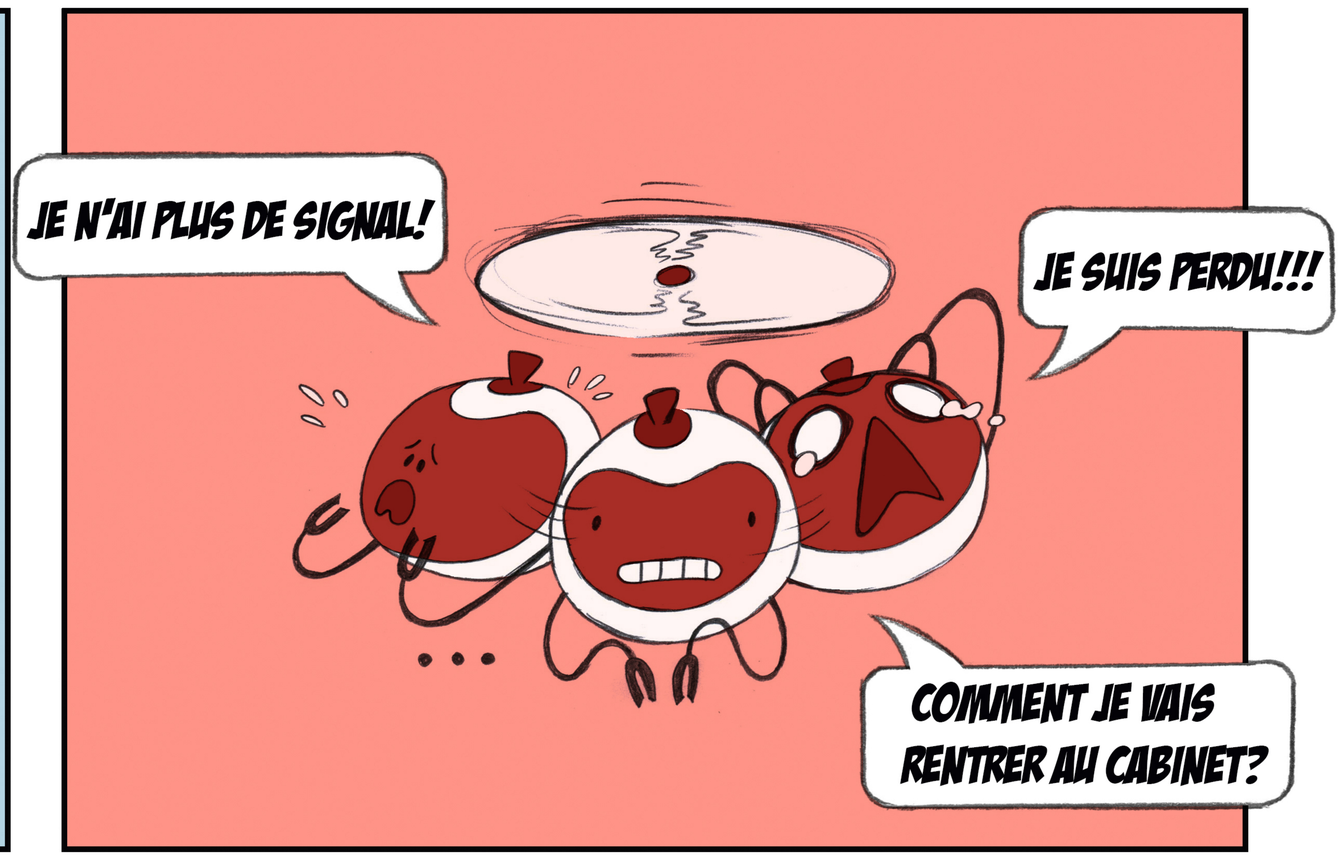


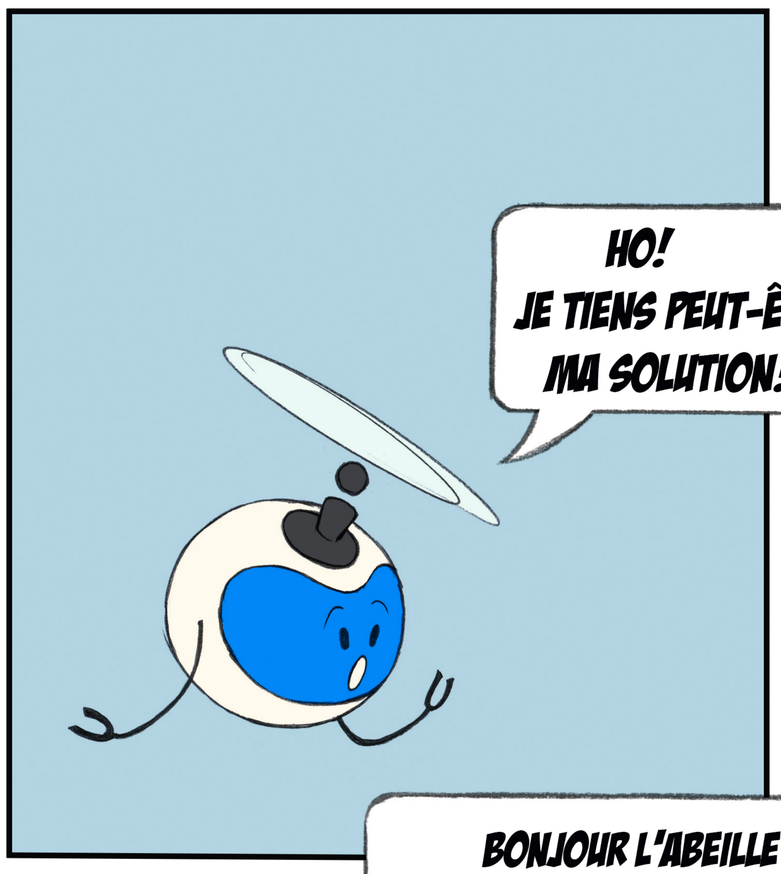
ET HEU...
C'EST PAS BIEN?

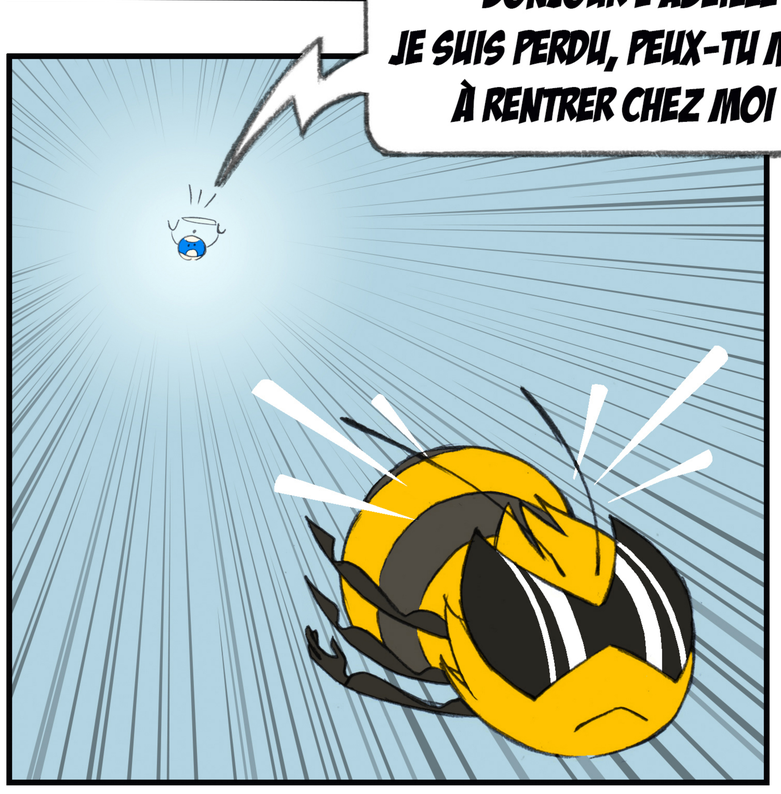
UN OBJET A FRAPPÉ UN DE NOS SATELLITES,
DONT LES DÉBRIS ONT FRAPPÉ UN AUTRE SATELLITE,
DONT LES DÉBRIS ONT FRAPPÉ UN AUTRE SATELLITE!!!
DONT LES DÉBR....

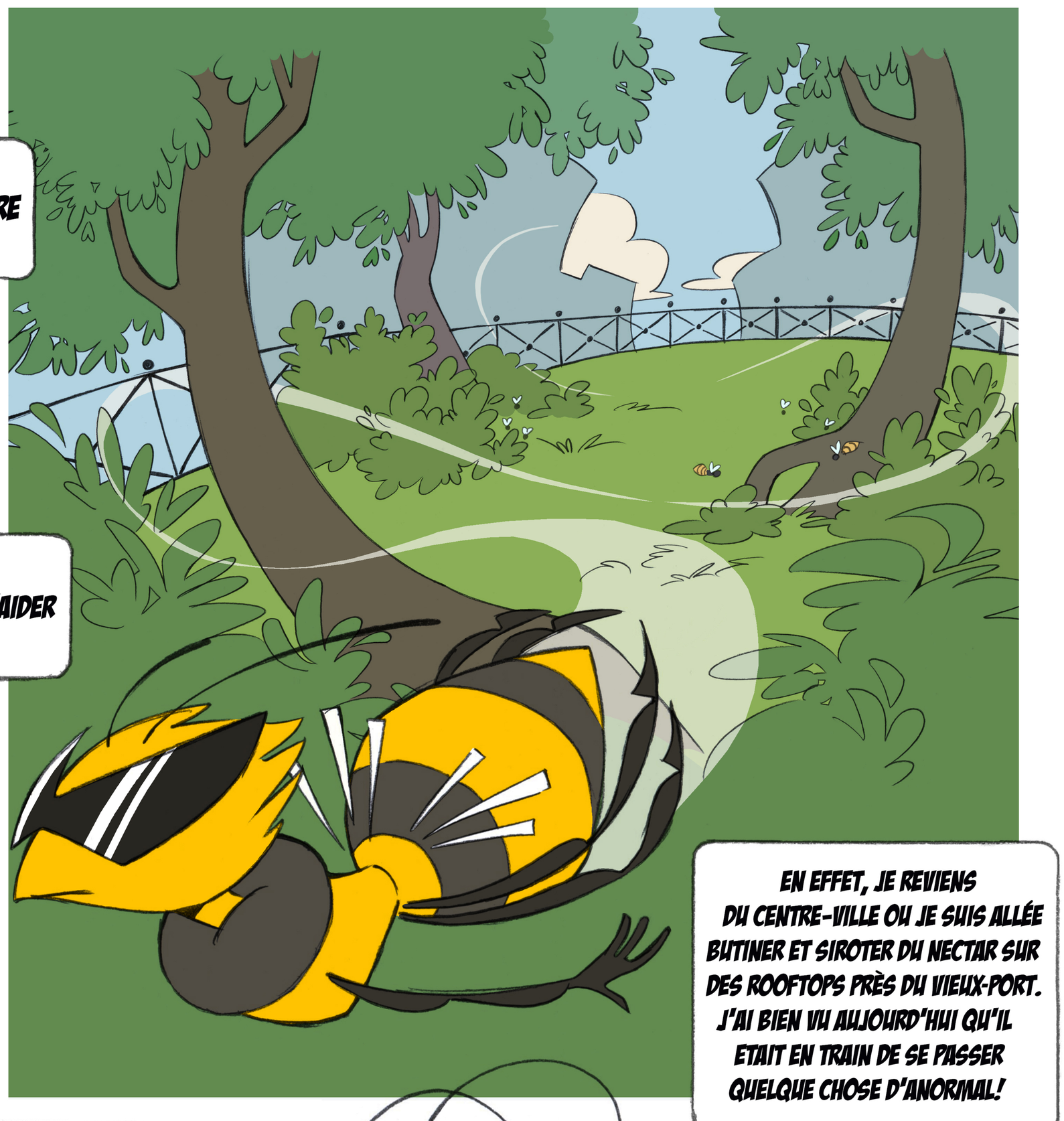
MAIS NON C'EST PAS BIEN!
C'EST UNE RÉACTION EN CHAINE
INCONTRÔLABLE (UN PEU COMME VOUS)
QUI DÉTRUIT TOUS NOS SATELLITES!!!!

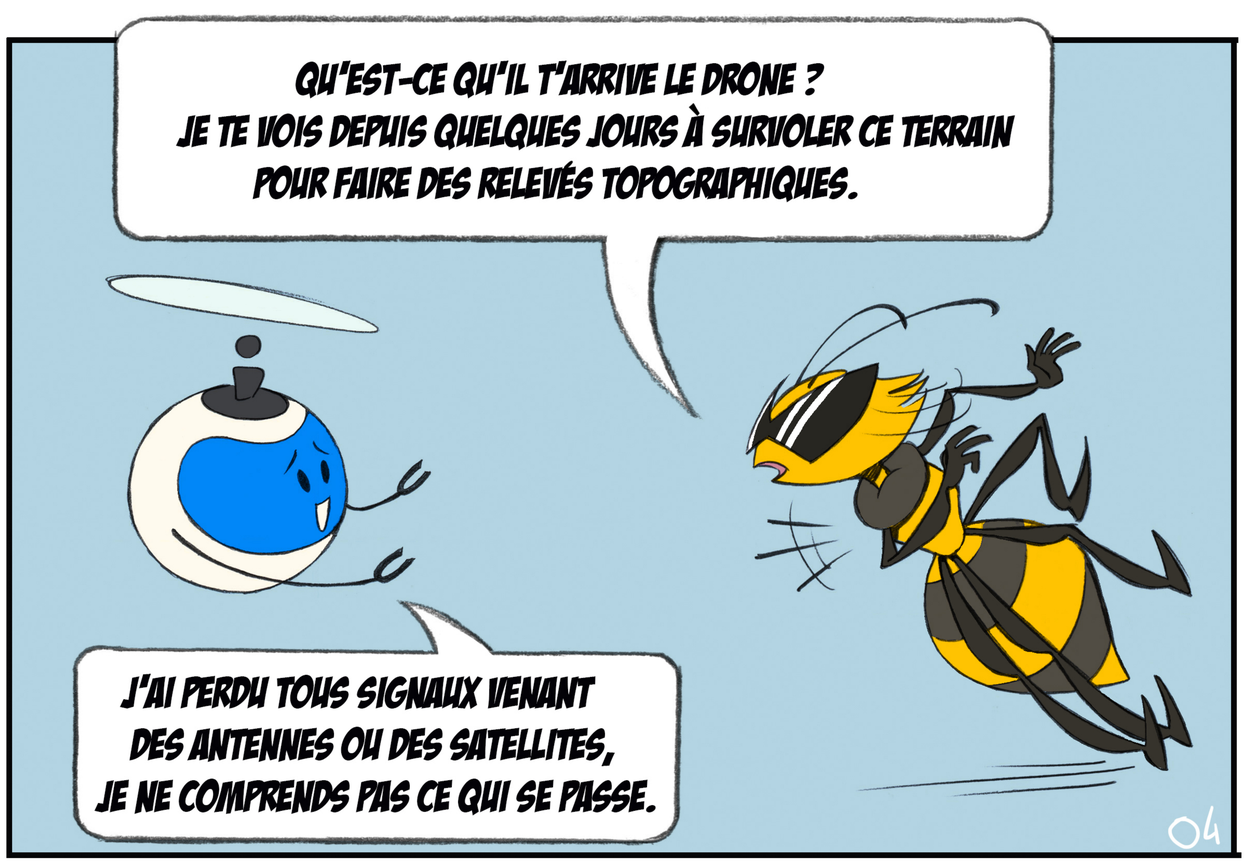
NOUS ALLONS PERDRE
STARLINK!!!!


JE N'AI PLUS DE SIGNAL!
JE SUIS PERDU!!!
COMMENT JE VAIS RENTRER AU CABINET?

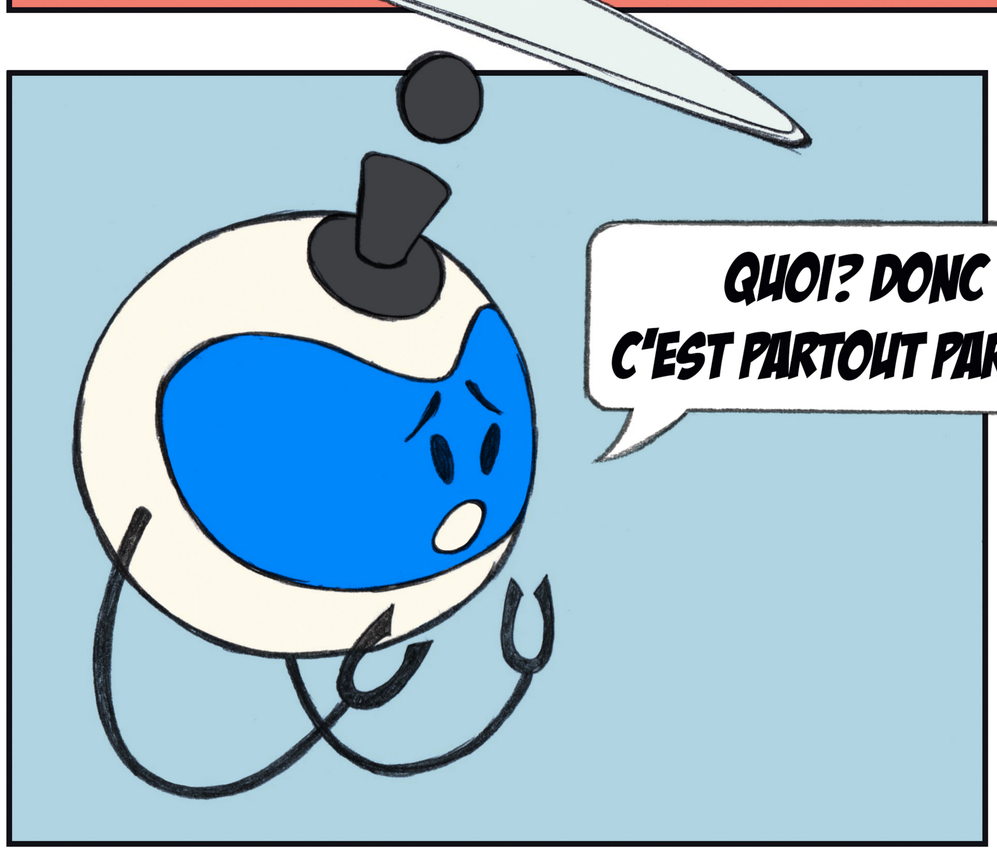

HO!
JE TIENS PEUT-ÊTRE MA SOLUTION!

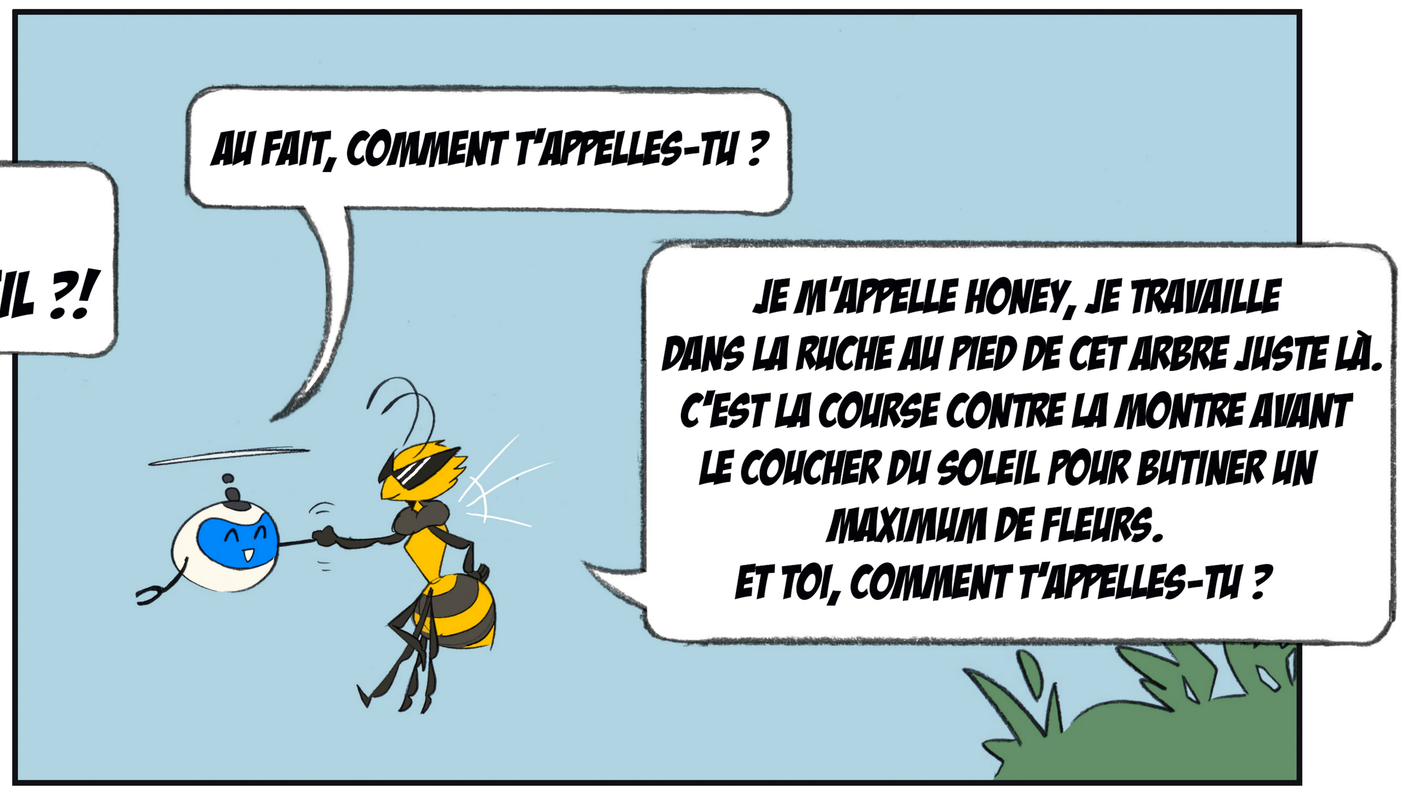

BONJOUR L'ABEILLE !
JE SUIS PERDU, PEUX-TU M'AIDER À RENTRER CHEZ MOI ?

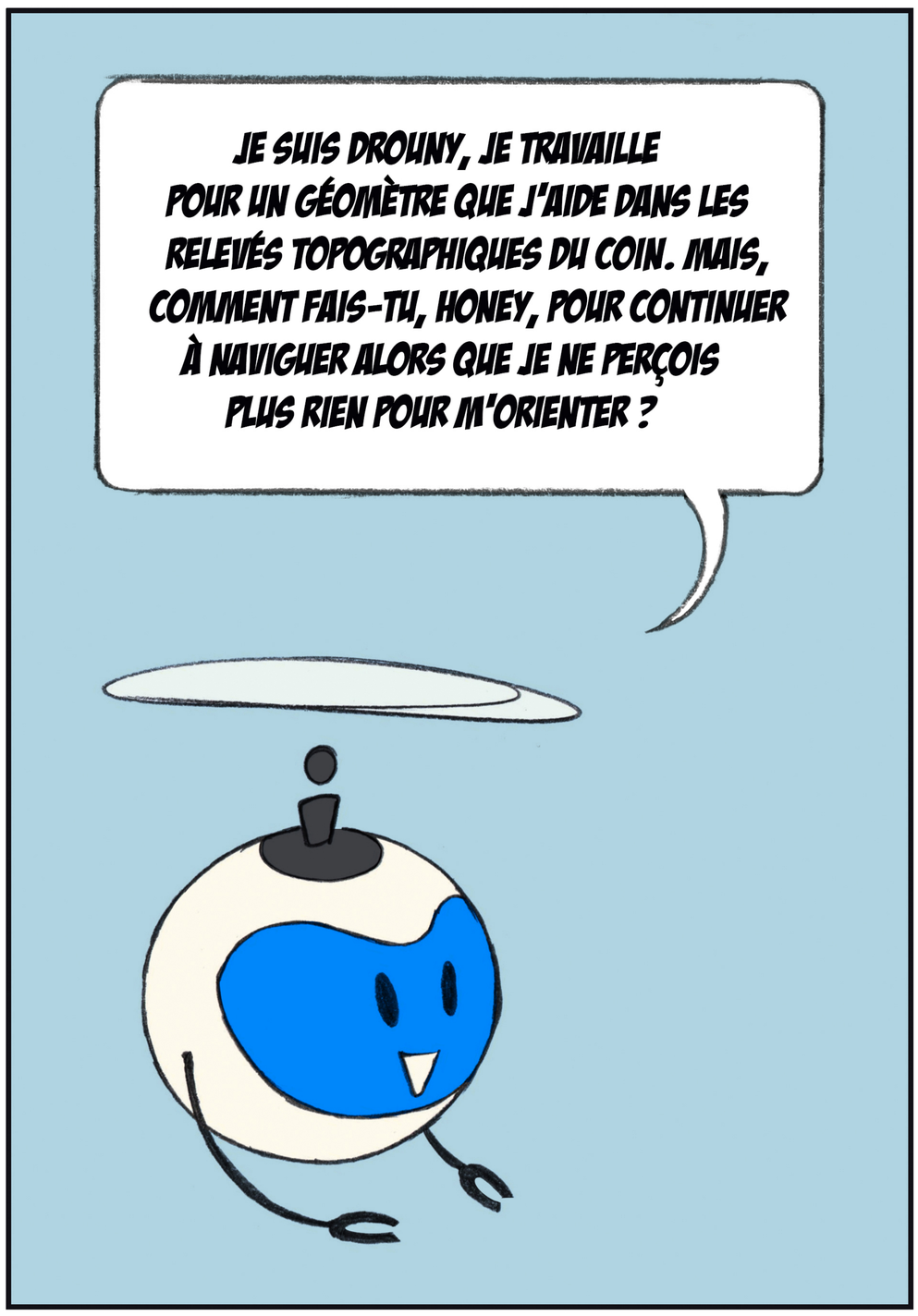

EN EFFET, JE REVIENS DU CENTRE-VILLE OU JE SUIS ALLÉE BUTINER ET SIROTER DU NECTAR SUR DES ROOFTOPS PRÈS DU VIEUX-PORT. J'AI BIEN VU AUJOURD'HUI QU'IL ETAIT EN TRAIN DE SE PASSER QUELQUE CHOSE D'ANORMAL!


QU'EST-CE QU'IL T'ARRIVE LE DRONE ? JE TE VOIS DEPUIS QUELQUES JOURS À SURVOLER CE TERRAIN POUR FAIRE DES RELEVÉS TOPOGRAPHIQUES.
J'AI PERDU TOUS SIGNAUX VENANT DES ANTENNES OU DES SATELLITES, JE NE COMPRENDS PAS CE QUI SE PASSE.
04

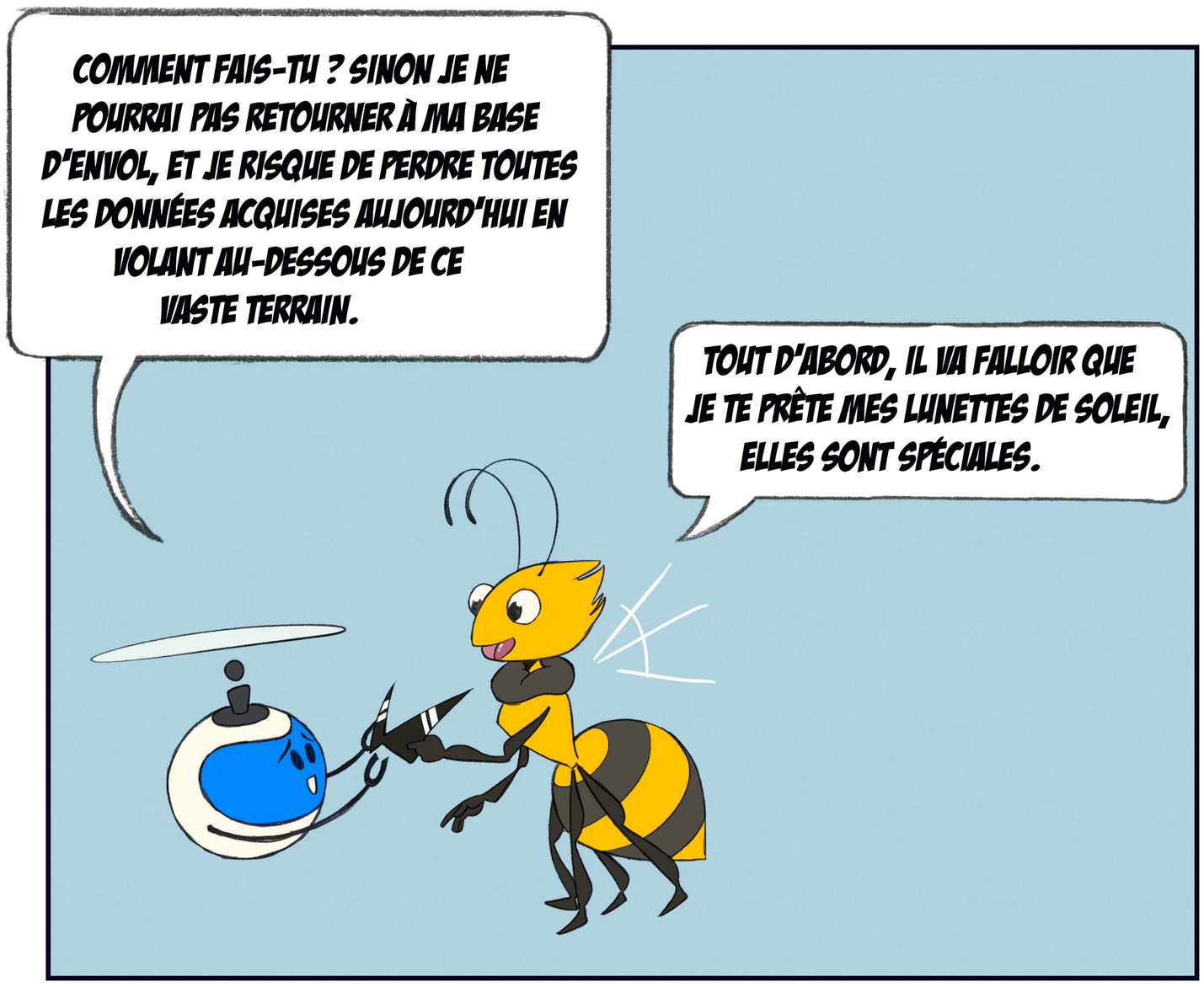
???
???
Il y a de sacrés embouteillages en ville, je n'avais jamais encore vu ça depuis que Marseille est devenue une smart city en 2030, mais aujourd'hui tous les robots sont perdus et tournent en rond ou bien discutent en attendant que le réseau revienne.

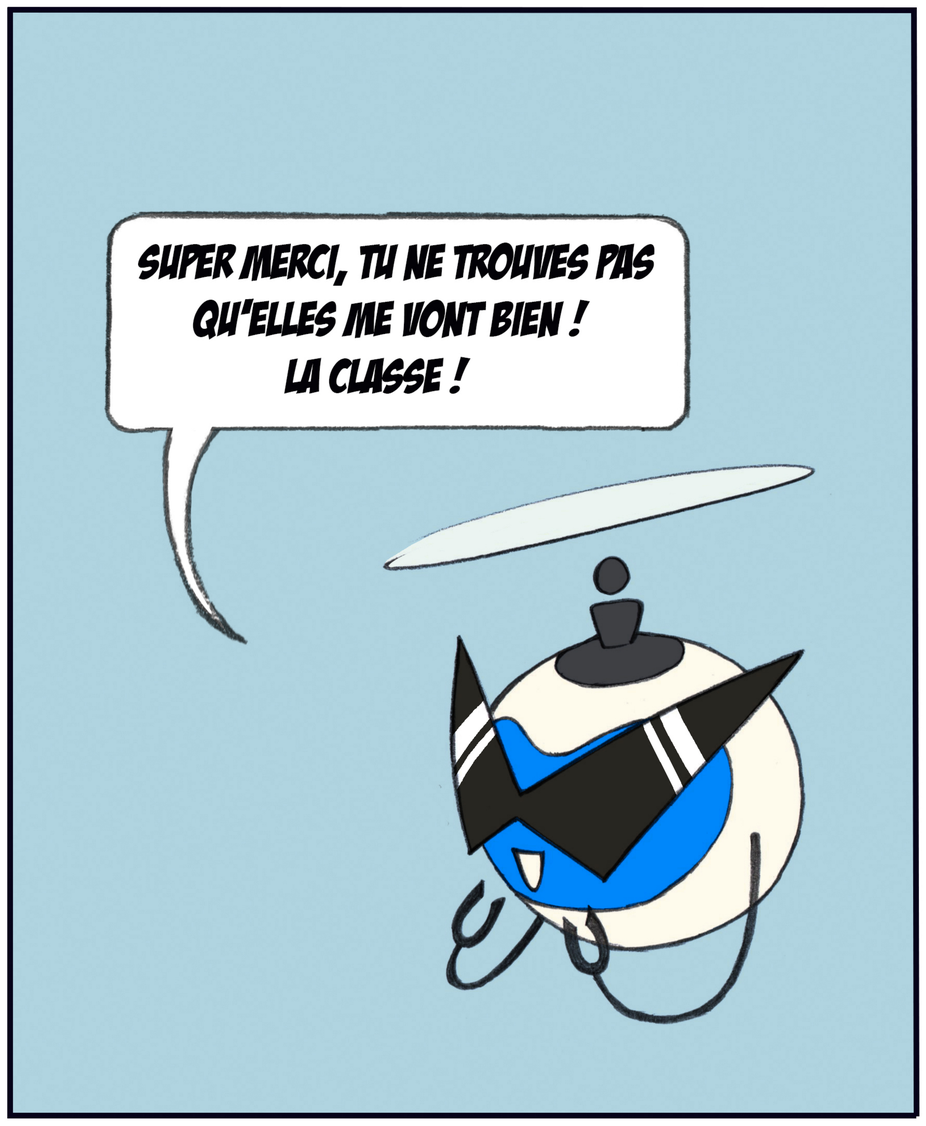

Quoi? Donc c'est partout pareil ?!


Au fait, comment t'appelles-tu ?
Je m'appelle Honey, je travaille dans la ruche au pied de cet arbre juste là. C'est la course contre la montre avant le coucher du soleil pour butiner un maximum de fleurs. Et toi, comment t'appelles-tu ?

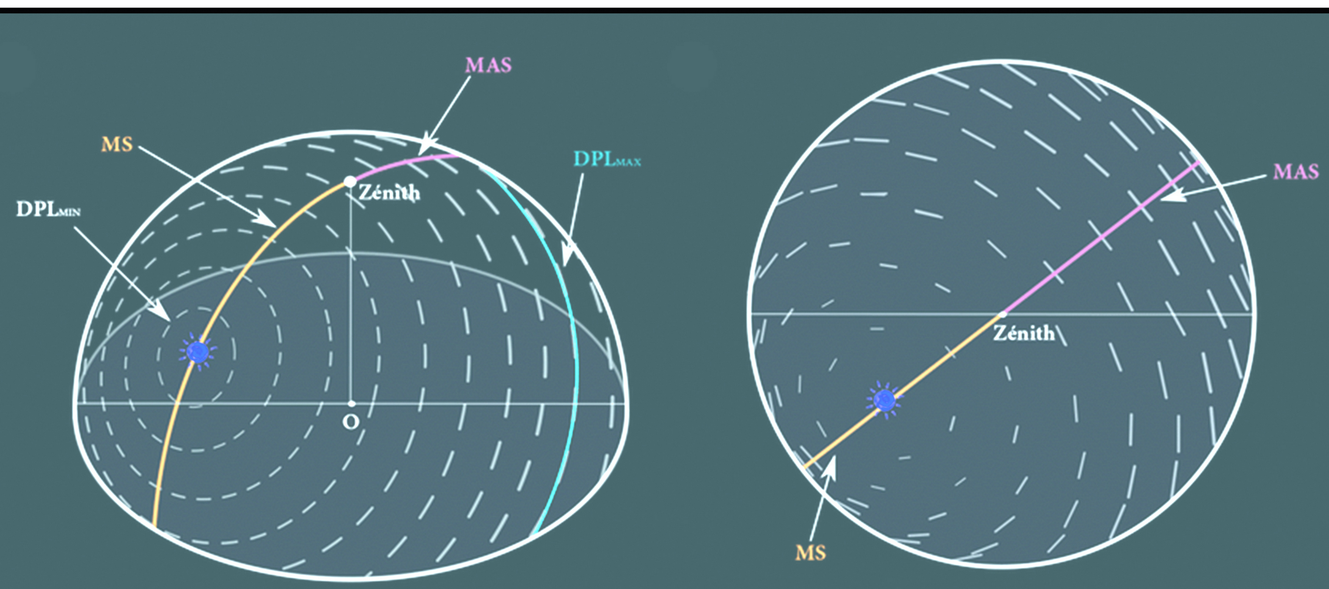

Je suis Drouny, je travaille pour un géomètre que j'aide dans les relevés topographiques du coin. Mais, comment fais-tu, Honey, pour continuer à naviguer alors que je ne perçois plus rien pour m'orienter ?

C'est facile Drouny, j'utilise uniquement les informations naturellement disponibles dans l'environnement, et cela fait 300 millions d'années que ça dure ! Elles sont gratuites, je n'ai même pas besoin de m'abonner à la 8G ou chez Starlink !
300 millions d'années
05





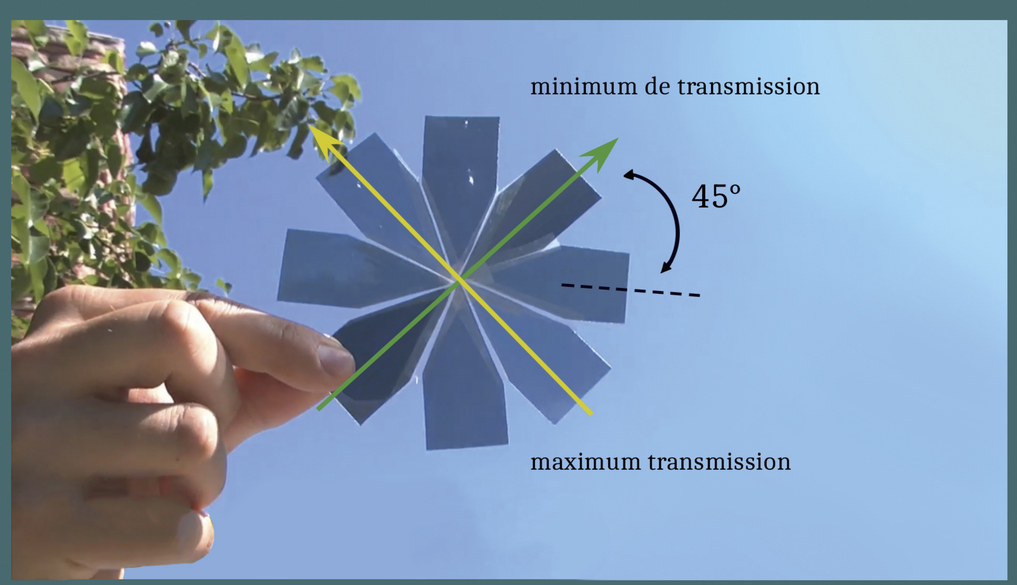
AVEC MES LUNETTES, TU VAS POUVOIR PERCEVOIR LA LUMIÈRE POLARISÉE AVEC TA PAIRE DE CAMÉRAS. AUJOURD'HUI, IL FAIT BEAU, IL VA FALLOIR QUE TU SÉLECTIONNES TON CANAL CHROMATIQUE BLEU, CAR TU N'AS PAS COMME MOI, LA CAPACITÉ À DÉTECTER LA LUMIÈRE ULTRAVIOLETTE, CE QUI PERMET DE TROUVER MON CHEMIN SOUS DE MAUVAISES CONDITIONS MÉTÉO.



Explication du schéma. Le méridien solaire (MS) et le méridien anti-solaire (MAS) forment un axe de symétrie dans le motif de polarisation. Ce motif de polarisation est en forme de cercles concentriques autour du soleil. Le niveau de polarisation DPL pour Degré de PoLarisation est faible autour du soleil mais maximal à 90° de celui-ci, c'est pour cela qu'il faut avoir une vision panoramique du ciel pour bien le percevoir car parfois le soleil est masqué par l'environnement, les nuages, ou se situe sous l'horizon.

La figure de gauche représente le motif de polarisation du ciel en fonction de la position du soleil (S) relativement à un observateur (0). Le disque au sol est considéré comme tangent à la surface de la Terre; l'axe (OZ) est défini comme la normale au sol. L'orientation des tirets blancs donne l'Angle de Polarisation (AdP) tandis que leur longueur décrit le degré de polarisation linéaire (DPL). L'AdP est orthogonal aux méridiens solaire (MS) et antisolaire (MAS).

La figure de droite représente la projection du motif de polarisation sur le sol. Le long des méridiens, toutes les orientations d'AdP sont parallèles entre elles et perpendiculaires aux méridiens.

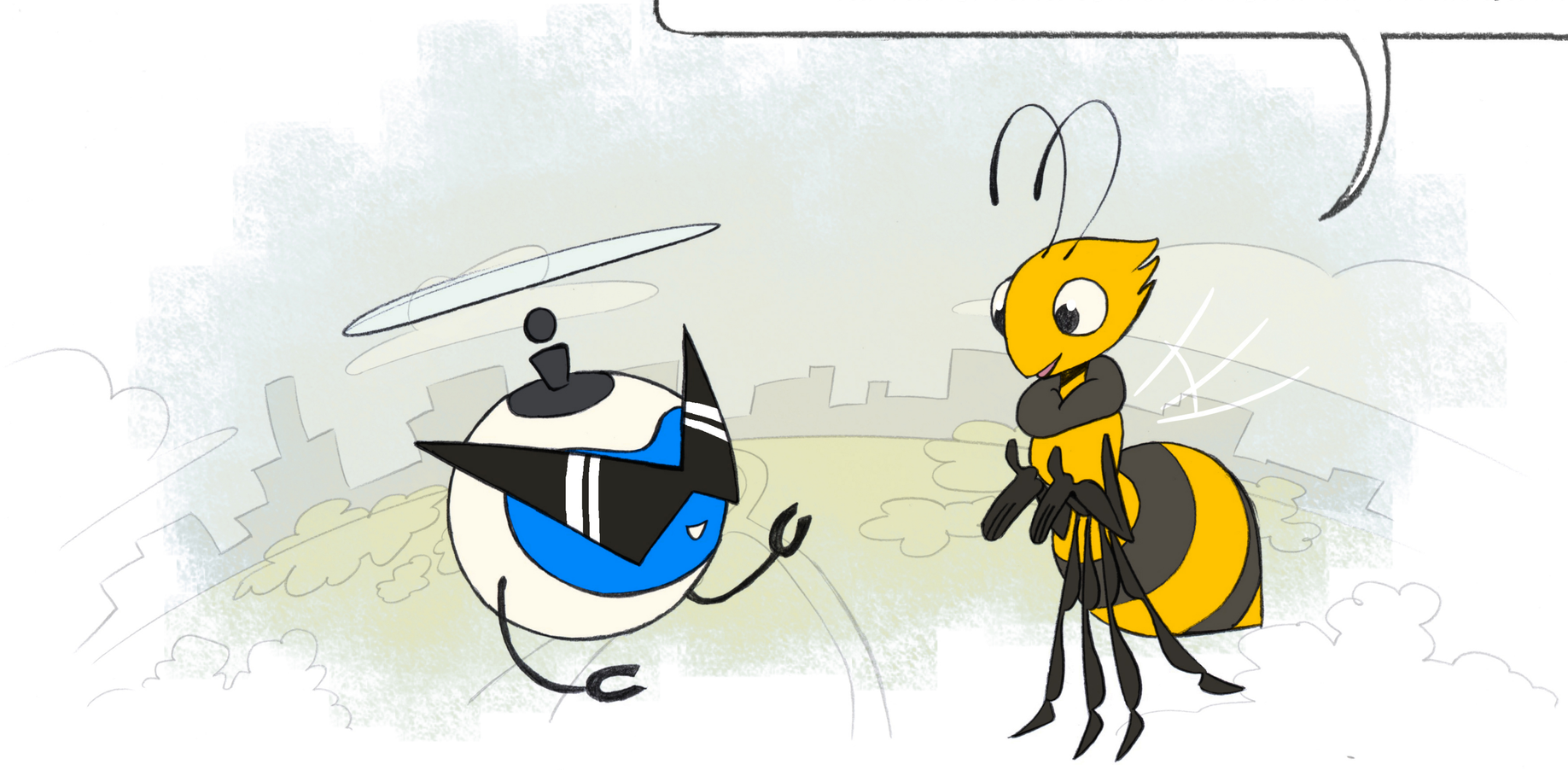


WOUAH! AU LIEU DE VOIR UN CIEL BLEU AZUR AVEC QUELQUES NUAGES, JE VOIS MAINTENANT TOUT UN TAS DE CERCLES CONCENTRIQUES AUTOUR DU SOLEIL. C'EST MAGIQUE TES LUNETTES !

INCROYABLE, ON NE M' AVAIT JAMAIS DIT QUE LA LUMIÈRE DU CIEL EST POLARISÉE JUSQU'À AUJOURD'HUI.

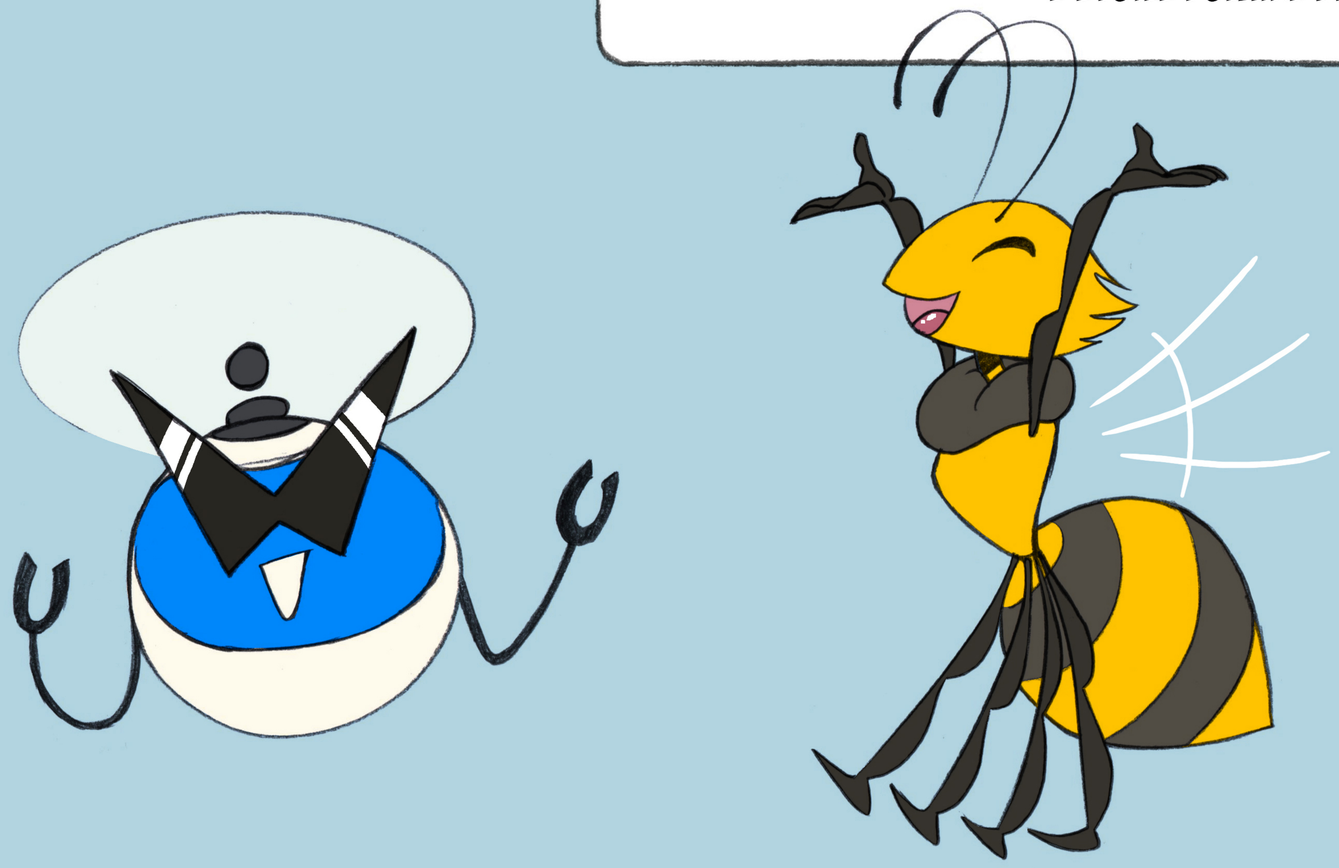
CELA S'APPELLE LE MOTIF DE POLARISATION DU CIEL. C'EST UNE INTERACTION OPTIQUE ENTRE LA LUMIÈRE DU SOLEIL ET LES MOLÉCULES QUI COMPOSENT L'ATMOSPHÈRE. CELA FORME DES CERCLES CONCENTRIQUES AUTOUR DU SOLEIL. IL SUFFIT DE TROUVER LES AXES DE SYMÉTRIE DU MOTIF DE POLARISATION POUR TROUVER SON CAP, OU BIEN LA POSITION DU SOLEIL DANS LE CIEL POUR SE GÉOLOCALISER.

ENSUITE, JE SAIS CHAQUE JOUR OÙ ET À QUELLE HEURE SE LÈVE ET SE COUCHE LE SOLEIL, CE QUI ME PERMET D'ESTIMER LA COURSE DU SOLEIL DANS LE CIEL. C'EST FACILE, IL N'Y A QUE 365 JOURS PAR AN, ET L'ÉTÉ, JE NE TRAVAILLE QUE 6 SEMAINES, CELA REPRÉSENTE UNE QUARANTAINE DE TRAJECTOIRES DE SOLEIL DANS LE CIEL À MÉMORISER, SACHANT QUE JE NE M'ÉLOIGNE PAS PLUS DE 13 KM DE MA RUCHE. JE PEUX ALORS ESTIMER MON DÉCALAGE PAR RAPPORT À LA COURSE DU SOLEIL VUE DEPUIS MA RUCHE.



C'EST PRÉCIS COMME BOUSSOLE OPTIQUE ?

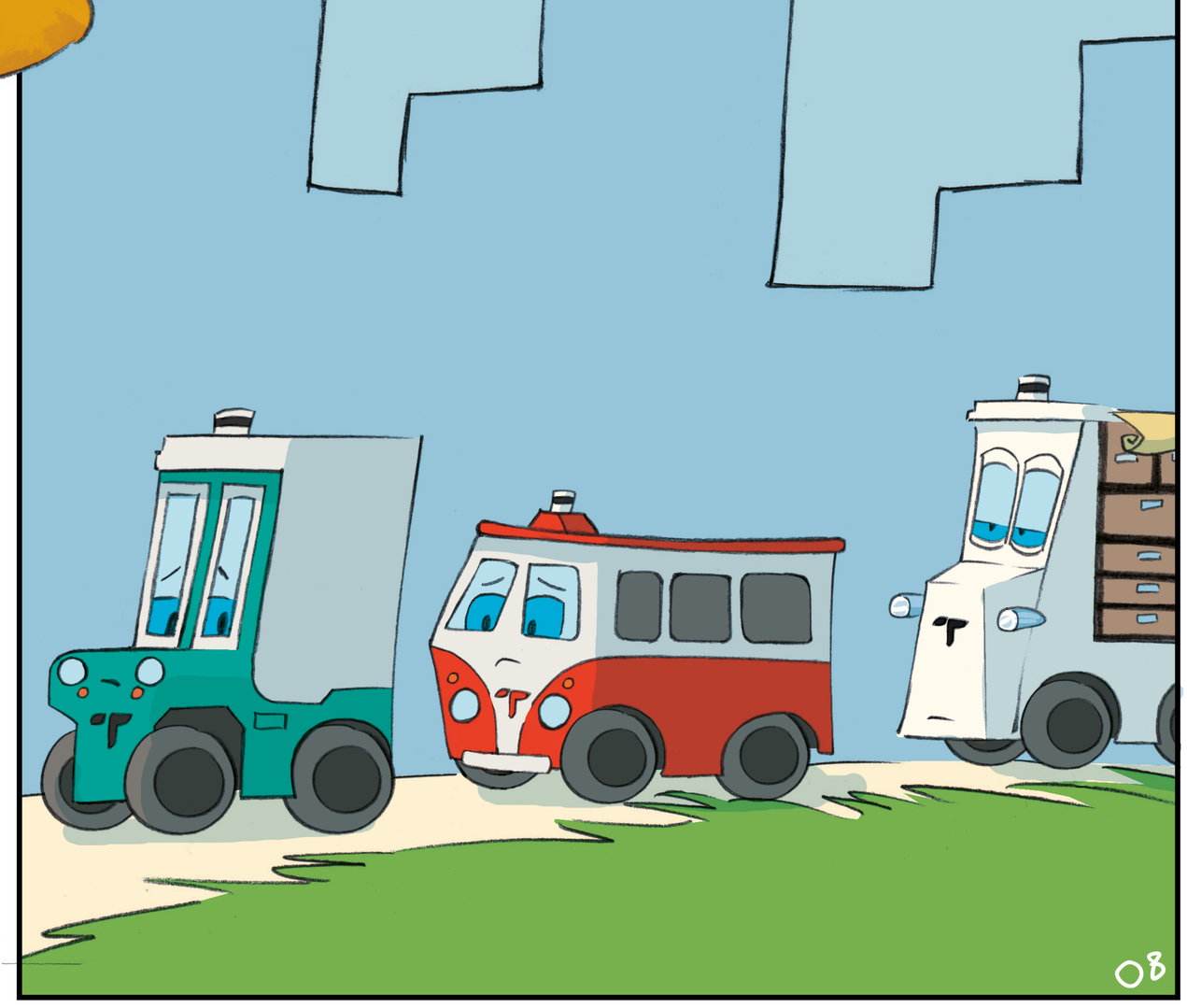
C'EST TOUT AUSSI PRÉCIS QUE TA BOUSSOLE MAGNÉTIQUE, ENVIRON 0,2° DE PRÉCISION, JE NE PERDS JAMAIS MON CHEMIN, NI LE NORD, CONTRAIREMENT À TOI LORSQUE TU VOLES AU-DESSUS D'INFRASTRUCTURES MÉTALLIQUES QUI BROUILLENT LE CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE. MAIS SI TU ES COMPLÈTEMENT PERDU, IL FAUT QUE TU REGARDES COMMENT LE MOTIF DE POLARISATION ÉVOLUE DANS LE TEMPS. EN REVANCHE, IL FAUT QUE TU PATIENTES QUELQUES MINUTES POUR QUE LA TERRE TOURNE SUR ELLE-MÊME, CE QUI FAIT AUSSI TOURNER LE MOTIF DE POLARISATION AUTOUR DE L'AXE DE ROTATION DE LA TERRE. CET AXE INDIQUE LE VRAI NORD GÉOGRAPHIQUE. TU VERRAS ALORS LE MOTIF DE POLARISATION TOURNER AUTOUR D'UN SEUL POINT DANS LE CIEL, LÀ OÙ SE SITUE L'ÉTOILE POLAIRE DE NUIT.

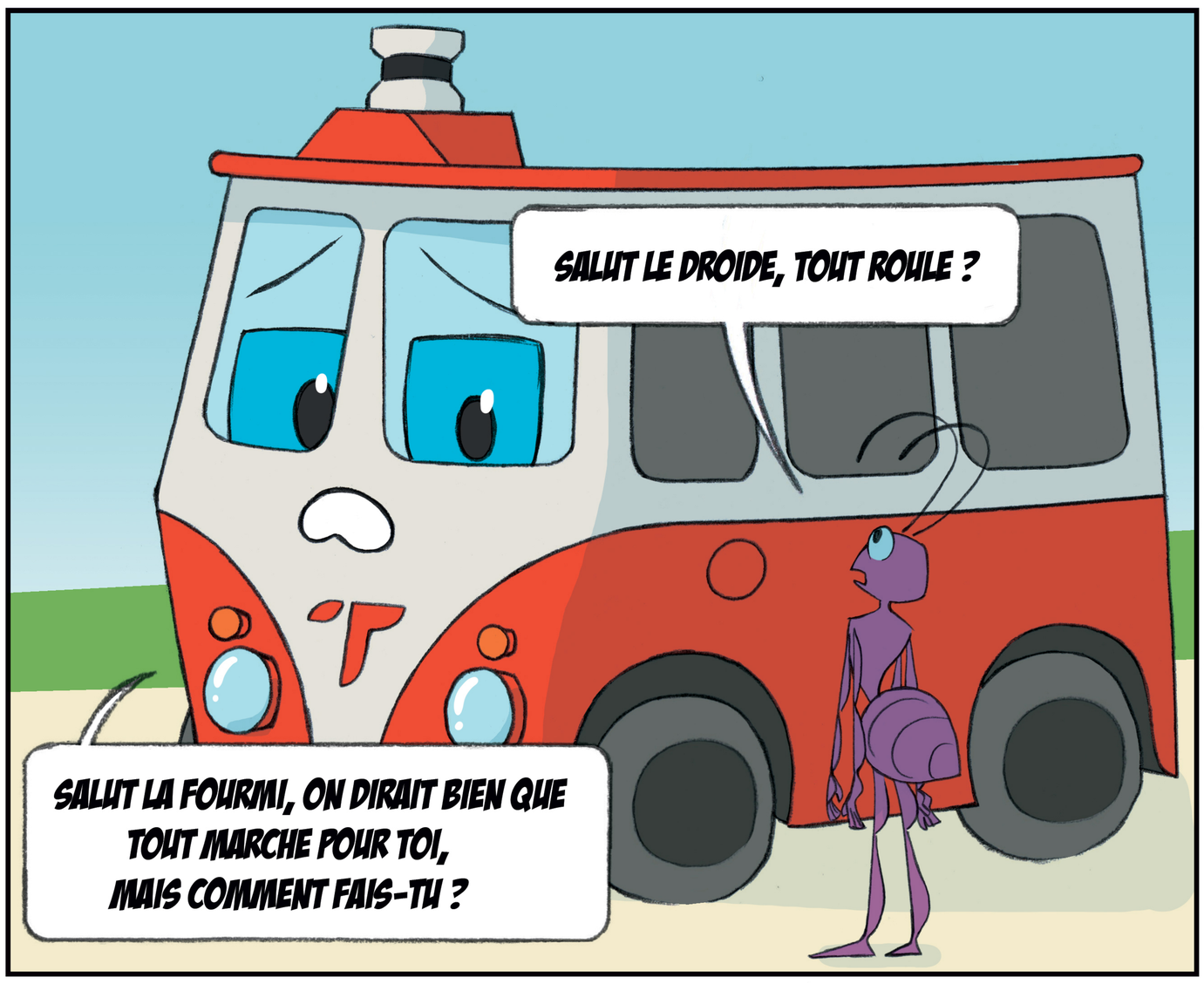


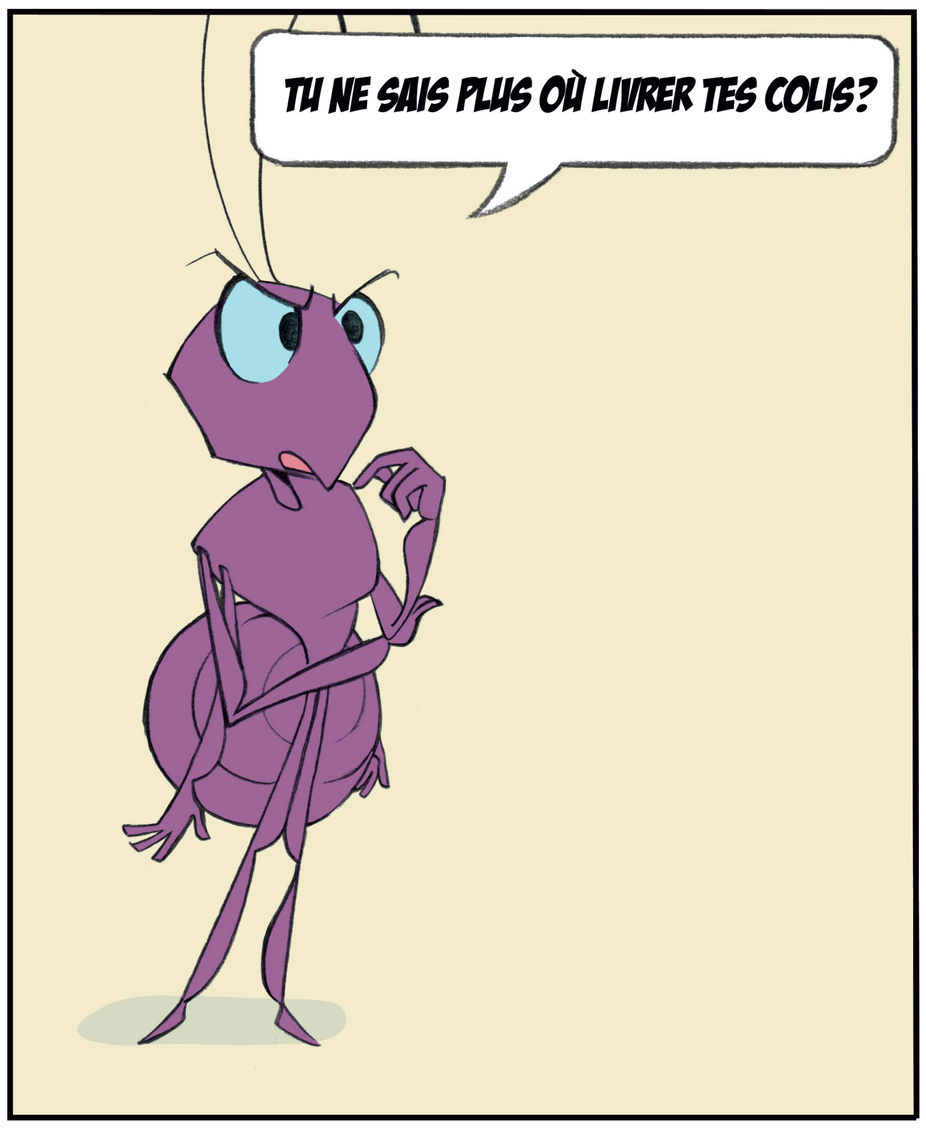
OH MERCI HONEY POUR TOUTES CES EXPLICATIONS, POURRAIS-TU ME PRÊTER TA PAIRE DE LUNETTES SOLAIRES POLARISÉES QUELQUES JOURS LE TEMPS QUE LA SITUATION S'ARRANGE?

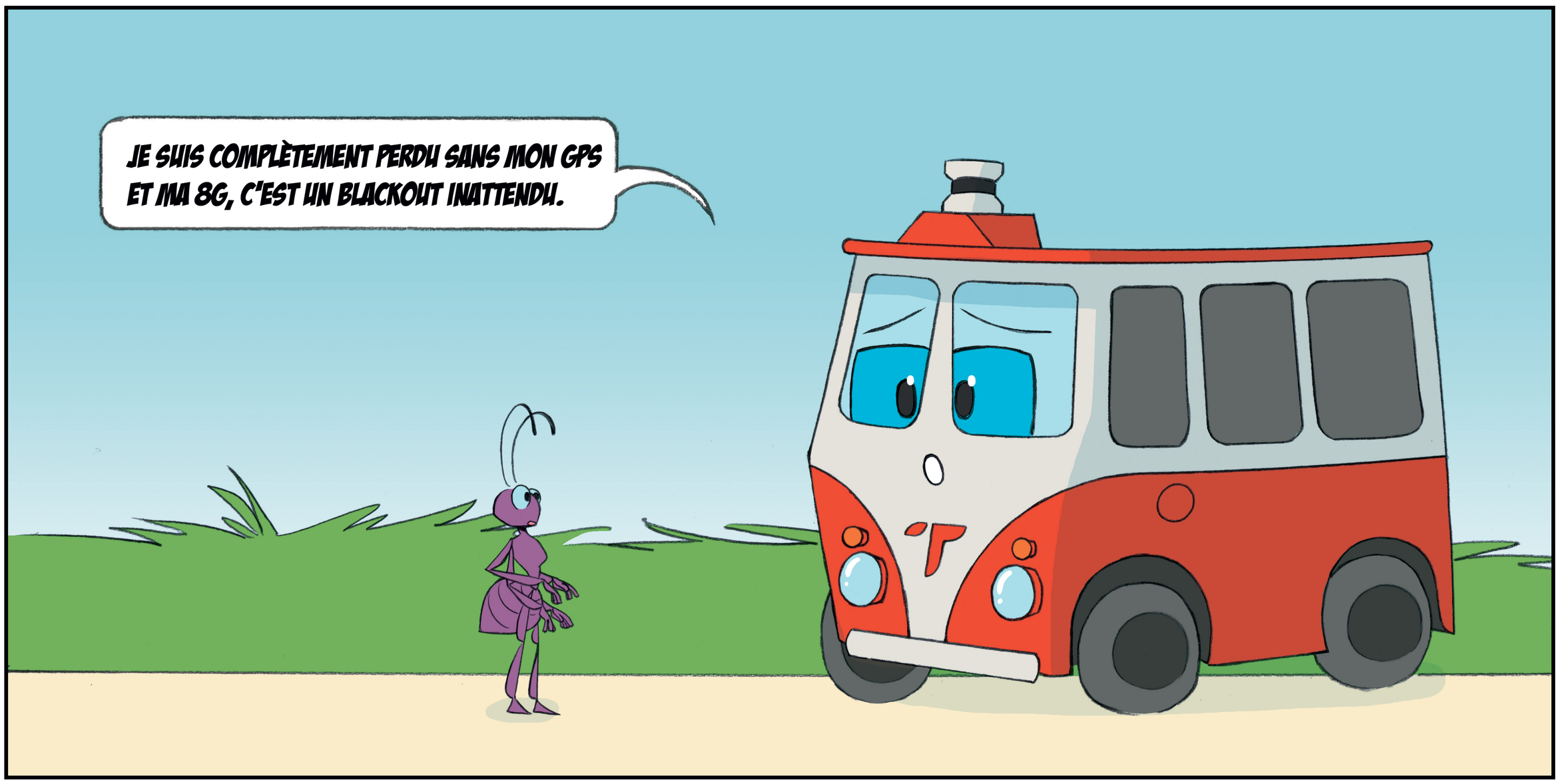
ZZZZZZZZZAP!

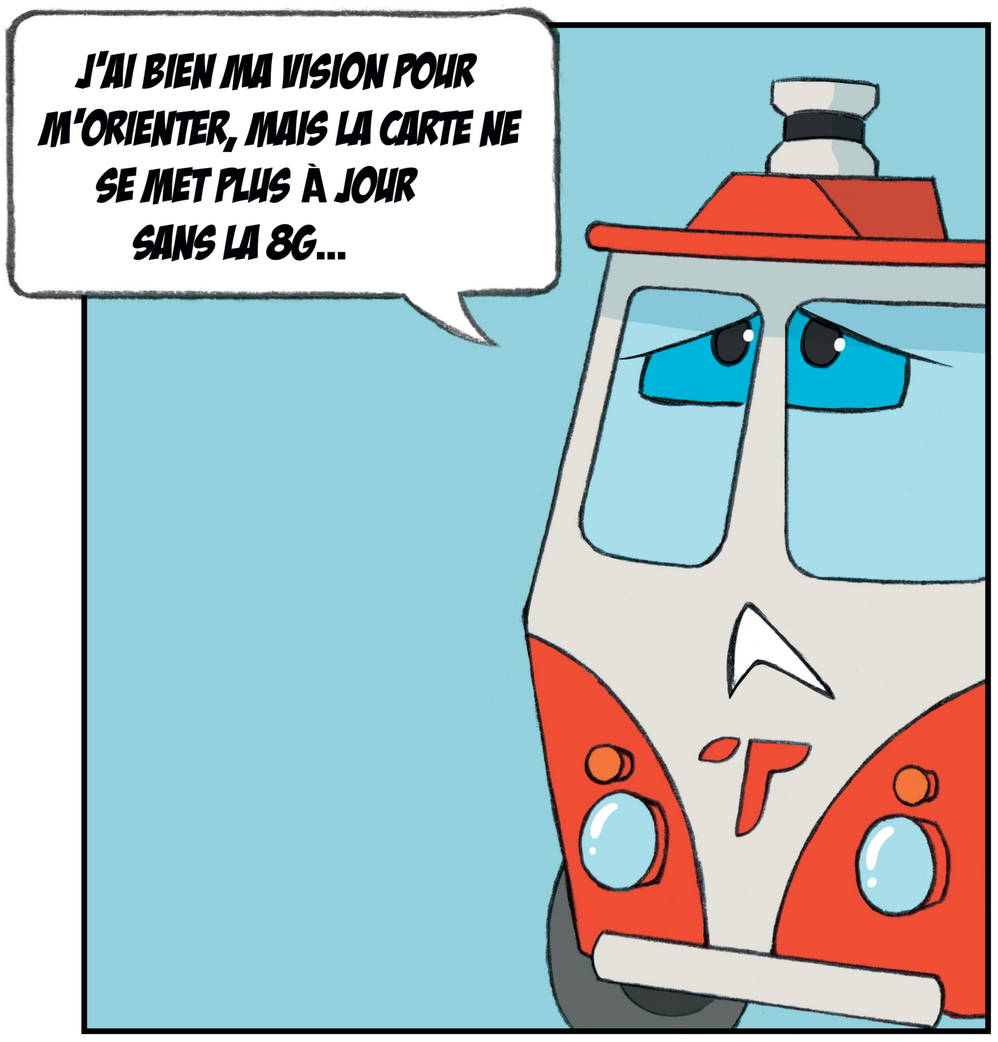
C'EST NORMAL DE T'AIDER DROUNY, IL Y A QUELQUES SEMAINES, J'AI FAIT LA CONNAISSANCE D'UN DRONE CHASSEUR DE FRELONS ASIATIQUES, NOS PIRES ENNEMIS, SANS L'AIDE DE HORNET KILLER, LA COLONIE AURAIT ÉTÉ DÉCIMEE. J'ARRIVE À VOIR LE MOTIF DE POLARISATION SANS MES LUNETTES, C'EST INTEGRÉ DANS MA RÉTINE.

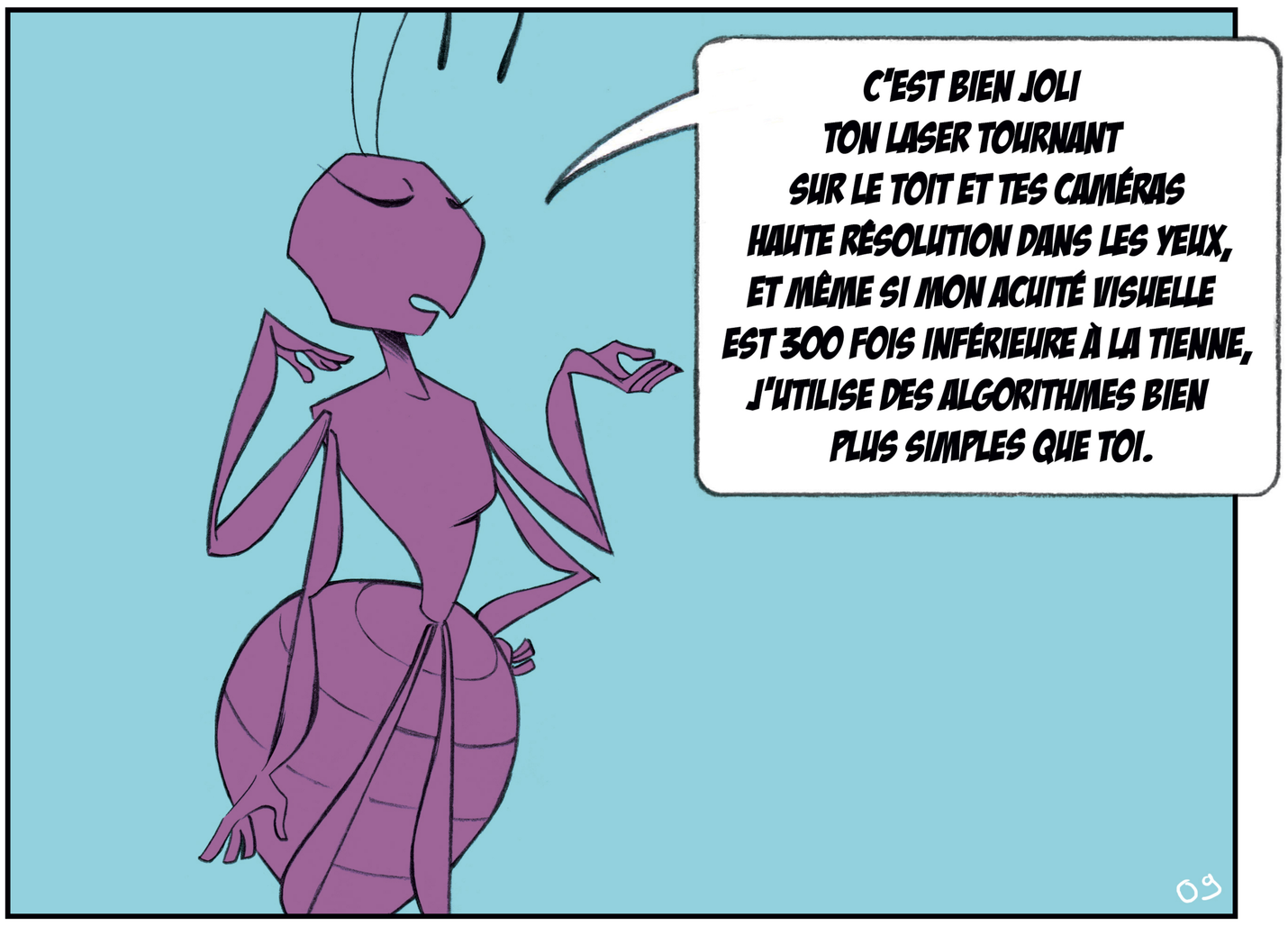


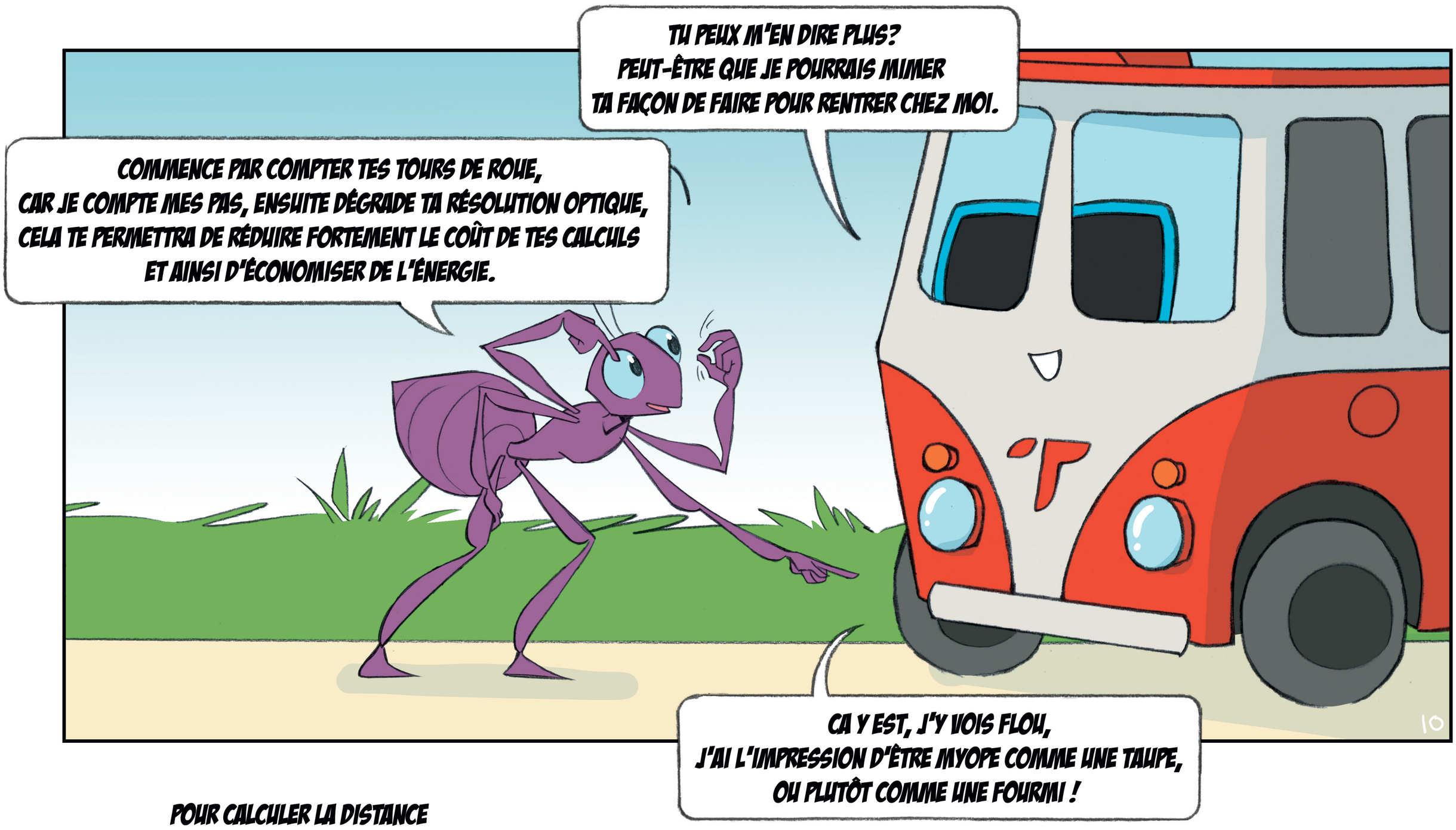

SALUT LE DROIDE, TOUT ROULE ?
SALUT LA FOURMI, ON DIRAIT BIEN QUE TOUT MARCHE POUR TOI, MAIS COMMENT FAIS-TU ?


TU NE SAIS PLUS OÙ LIVRER TES COLIS?

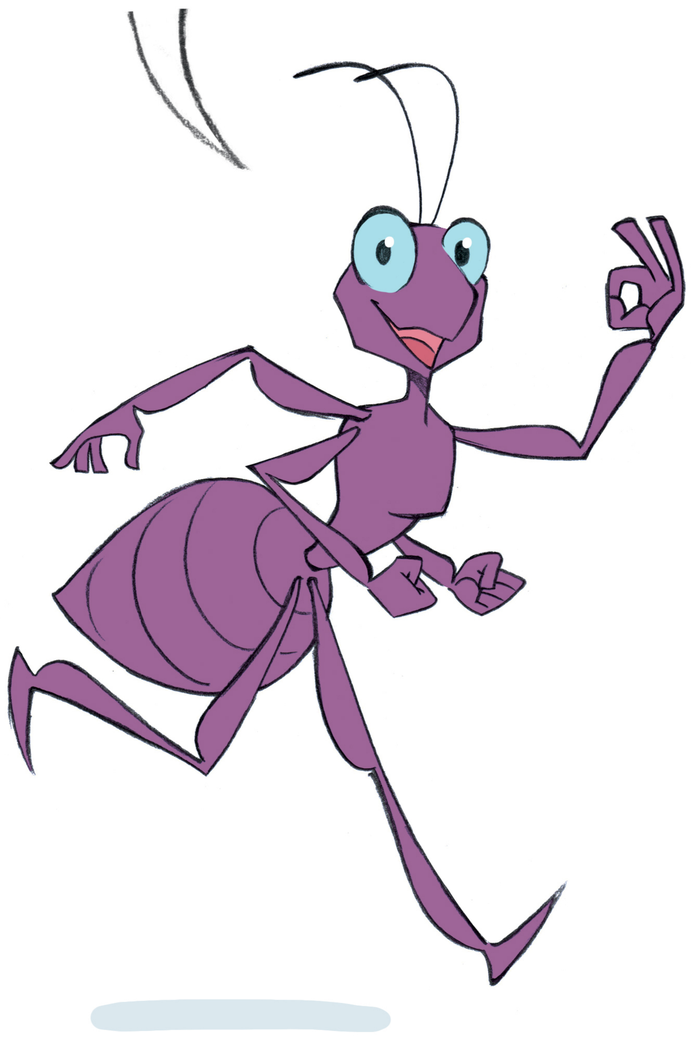

JE SUIS COMPLÈTEMENT PERDU SANS MON GPS ET MA 8G, C'EST UN BLACKOUT INATTENDU.

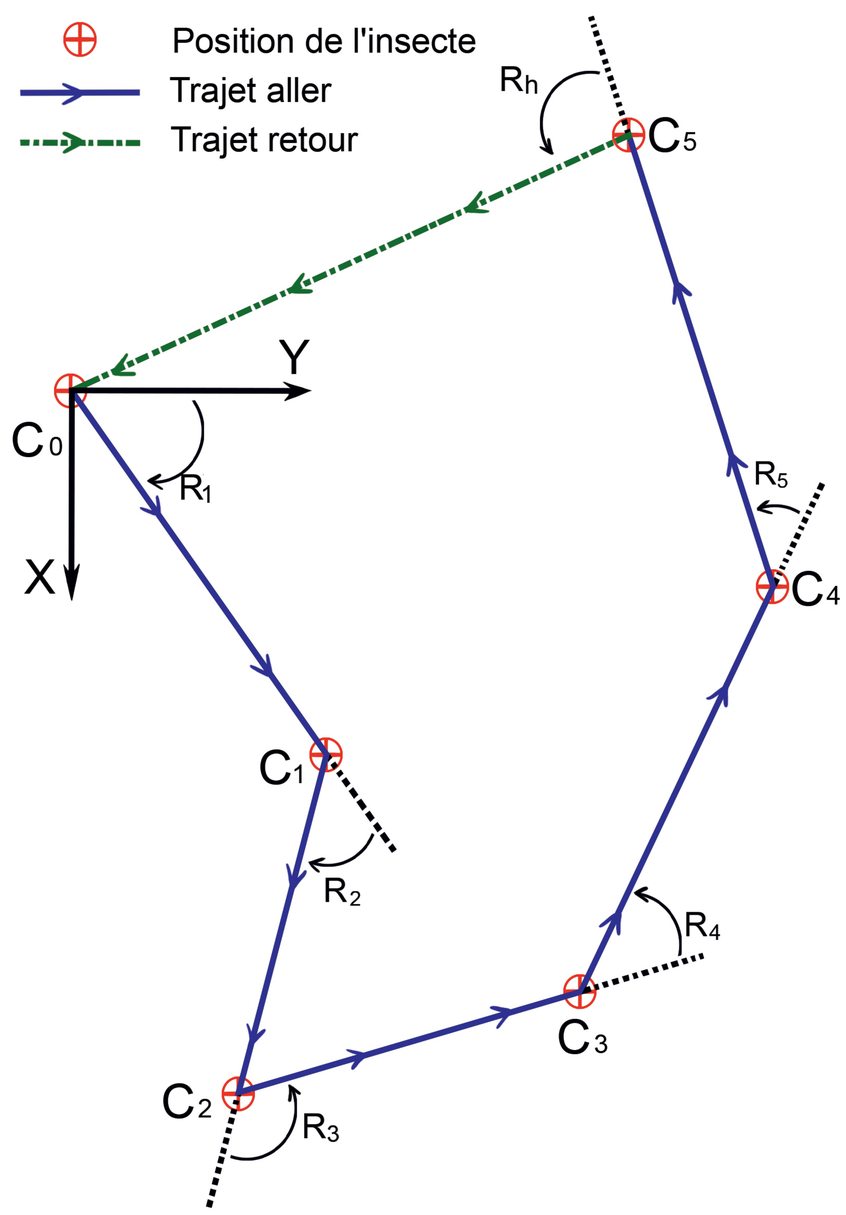

J'AI BIEN MA VISION POUR M'ORIENTER, MAIS LA CARTE NE SE MET PLUS À JOUR SANS LA 8G...


C'EST BIEN JOLI TON LASER TOURNANT SUR LE TOIT ET TES CAMÉRAS HAUTE RÉSOLUTION DANS LES YEUX, ET MÊME SI MON ACUITÉ VISUELLE EST 300 FOIS INFÉRIEURE À LA TIENNE, J'UTILISE DES ALGORITHMES BIEN PLUS SIMPLES QUE TOI.

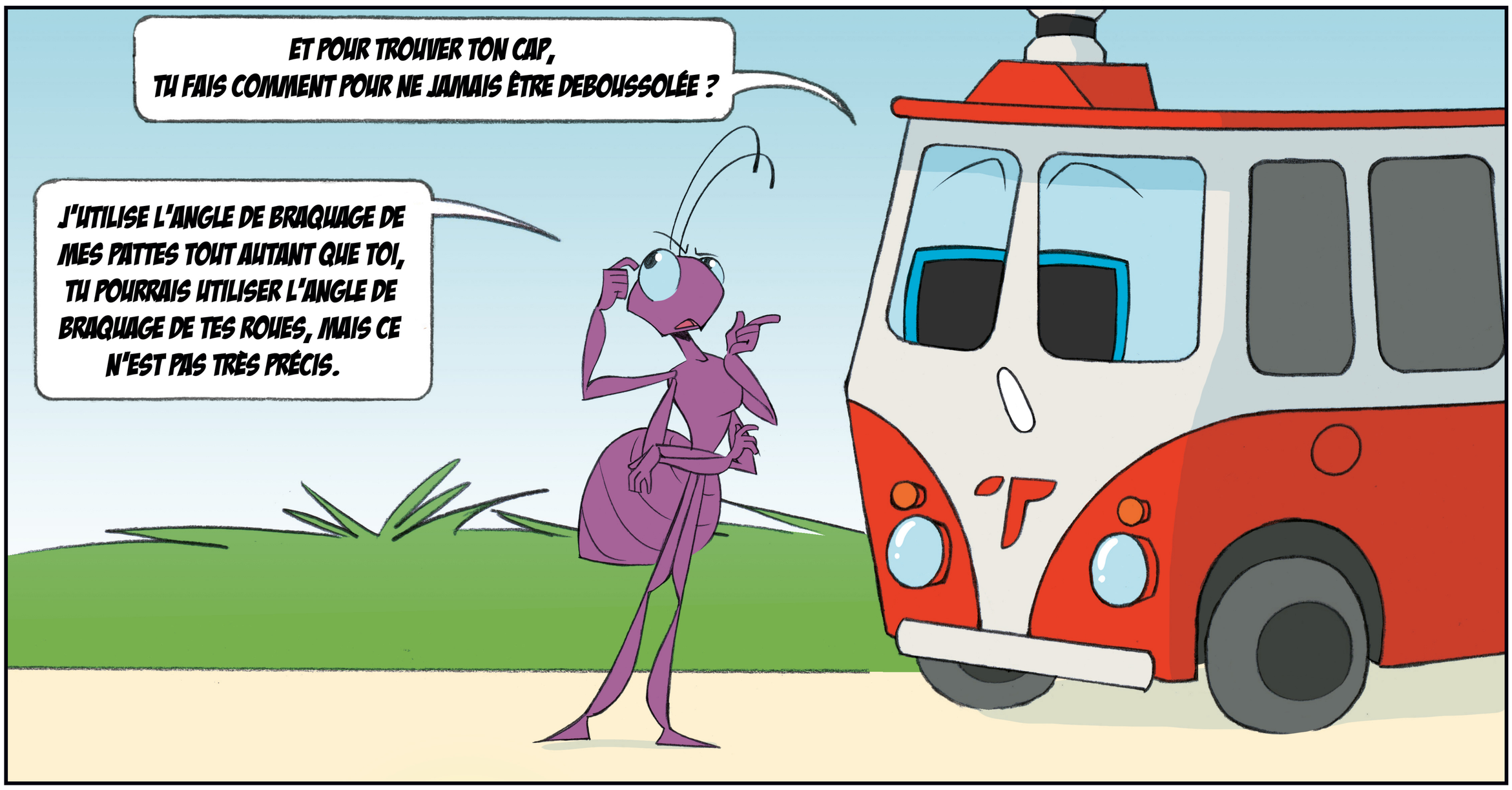


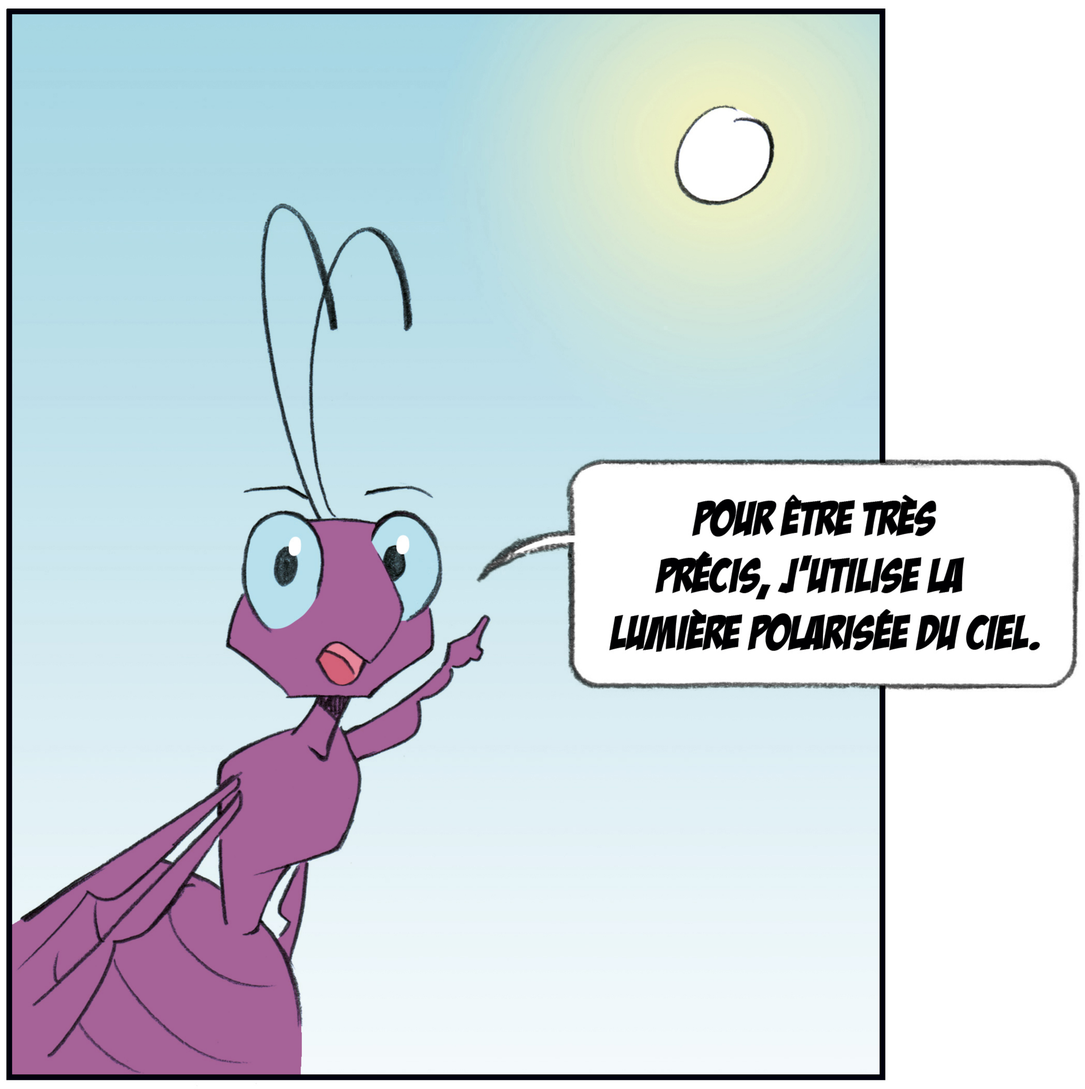
POUR CALCULER LA DISTANCE
QUE JE PARCOURS ENTRE DEUX POINTS,
JE COMPTE À LA FOIS MES PAS ET JE SOMME
AUSSI LA VITESSE DU DÉFILEMENT OPTIQUE AU NIVEAU
DU SOL, C'EST CE QUE L'ON APPELLE LE FLUX VISUEL.
ENSUITE, JE MÉLANGE CES DEUX INFORMATIONS
POUR ESTIMER LA DISTANCE.

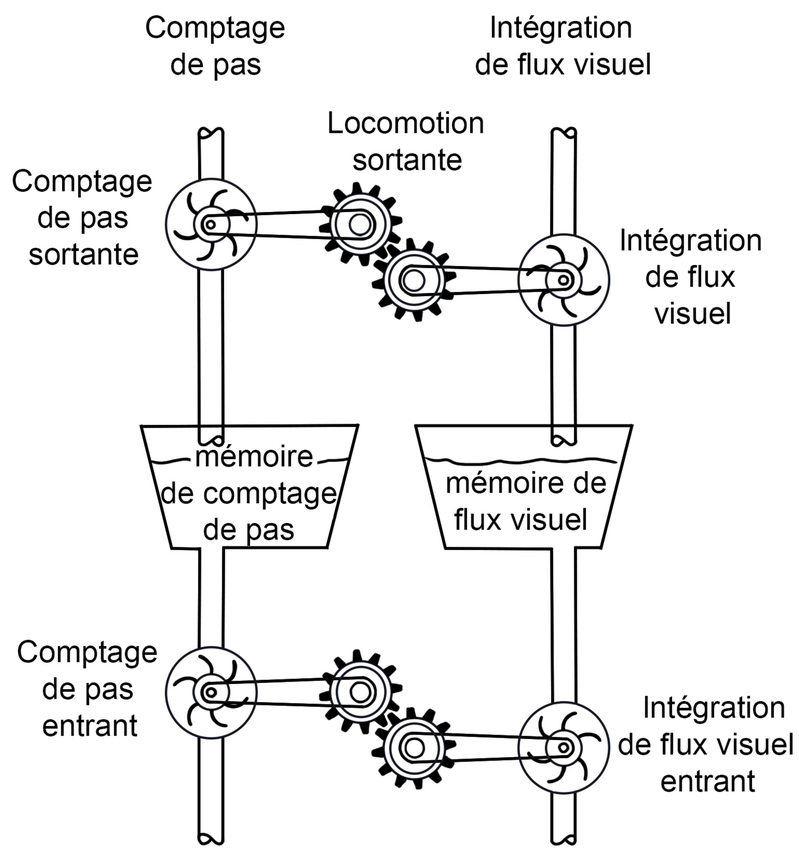




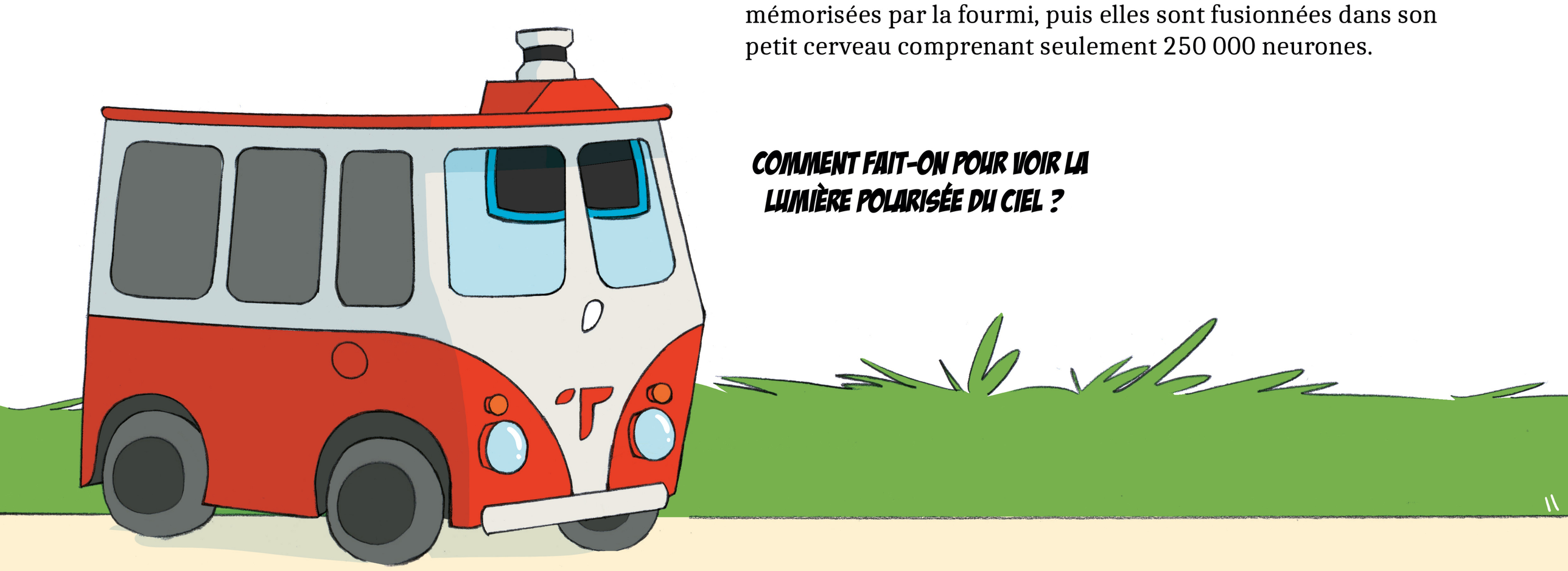
Explication du schéma.
Lorsque la fourmi ou l'abeille se déplace de
C0 vers C1, puis C2, puis C3, puis C4, puis C5.
La fourmi ne mémorise que la distance C0C5 et l'angle RH
pour retourner à son nid en C0. Une abeille
a juste besoin de mémoriser une distance et un angle
entre deux points. Les insectes mémorisent donc très peu
d'informations pour naviguer contrairement à une IA qui devra
systématiquement se positionner dans un jumeau numérique de
l'environnement pour connaître avec précision sa route dans un environnement.

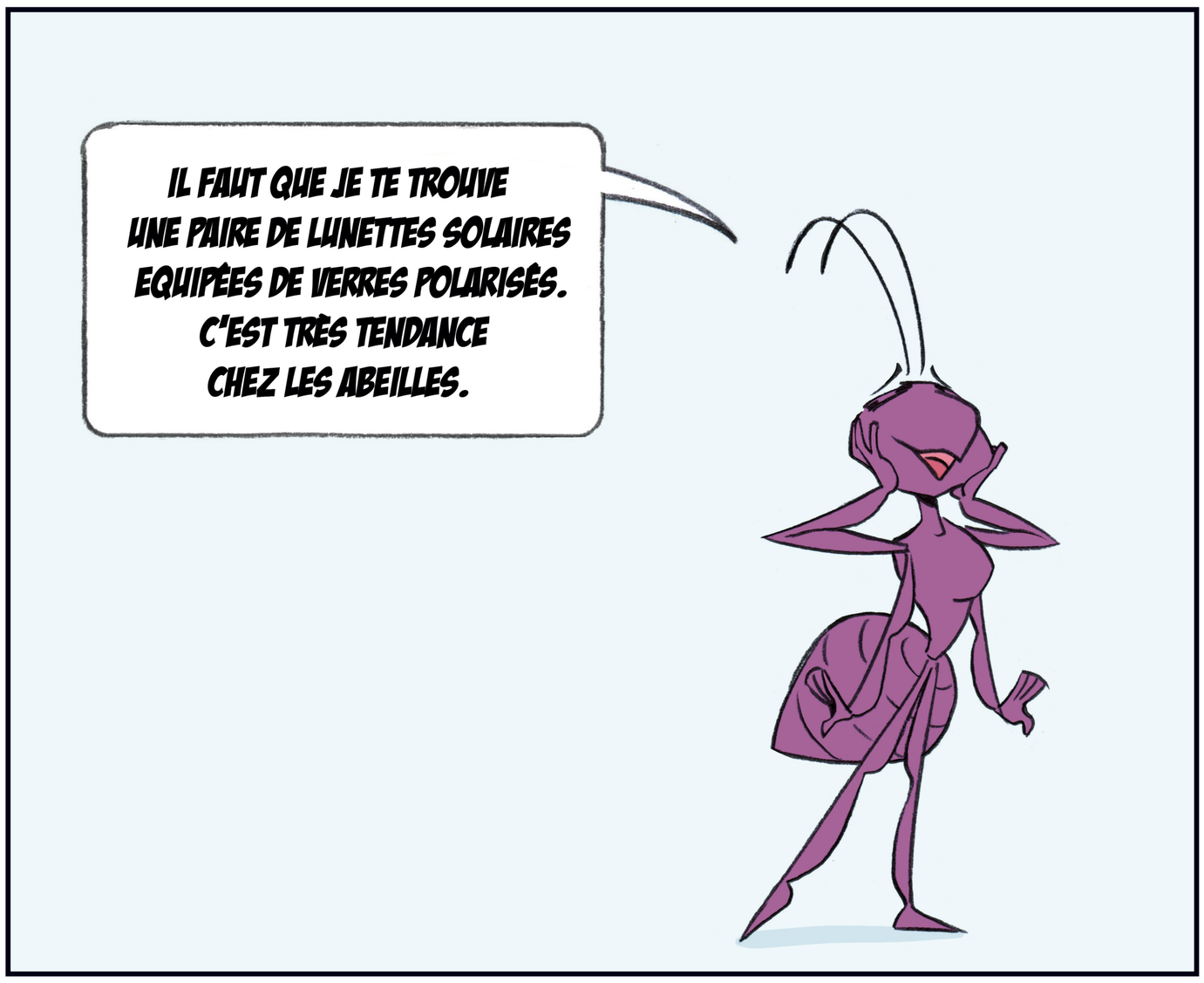


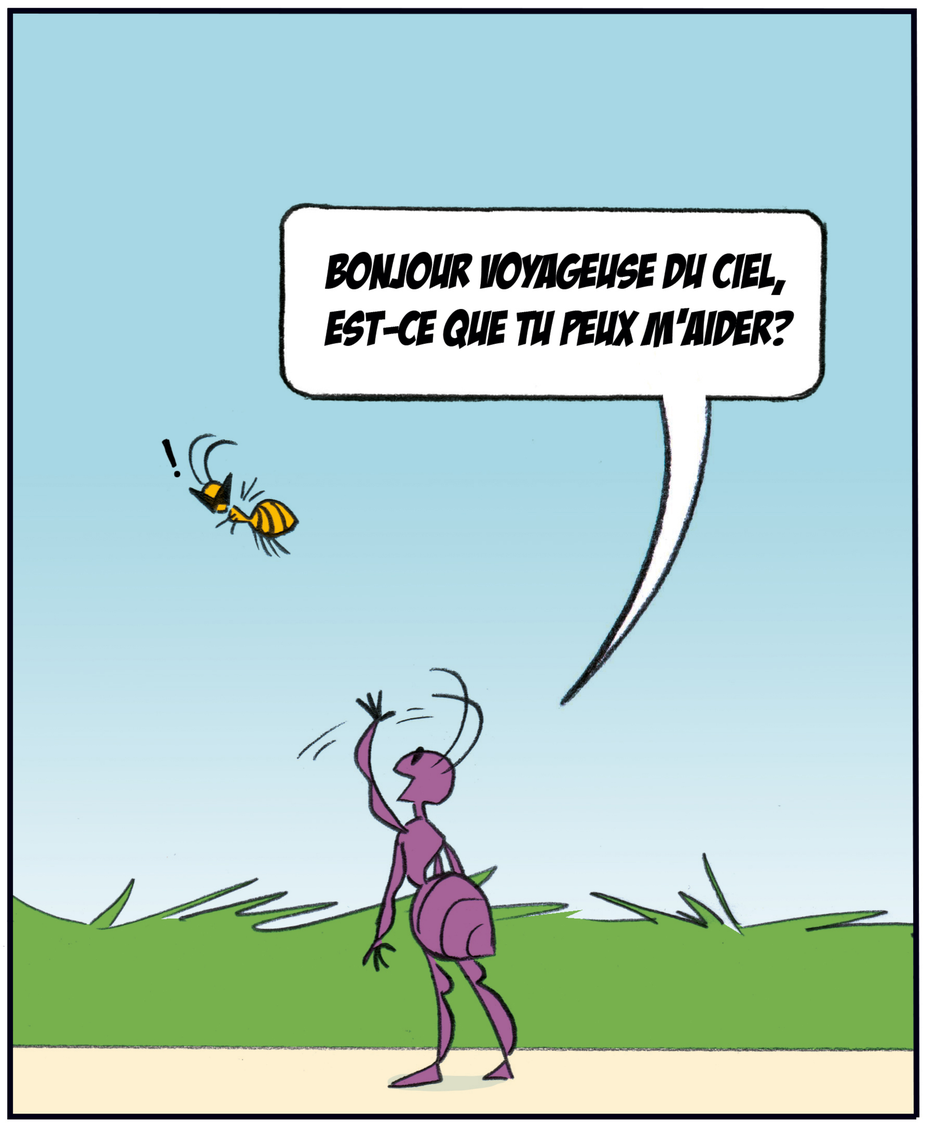


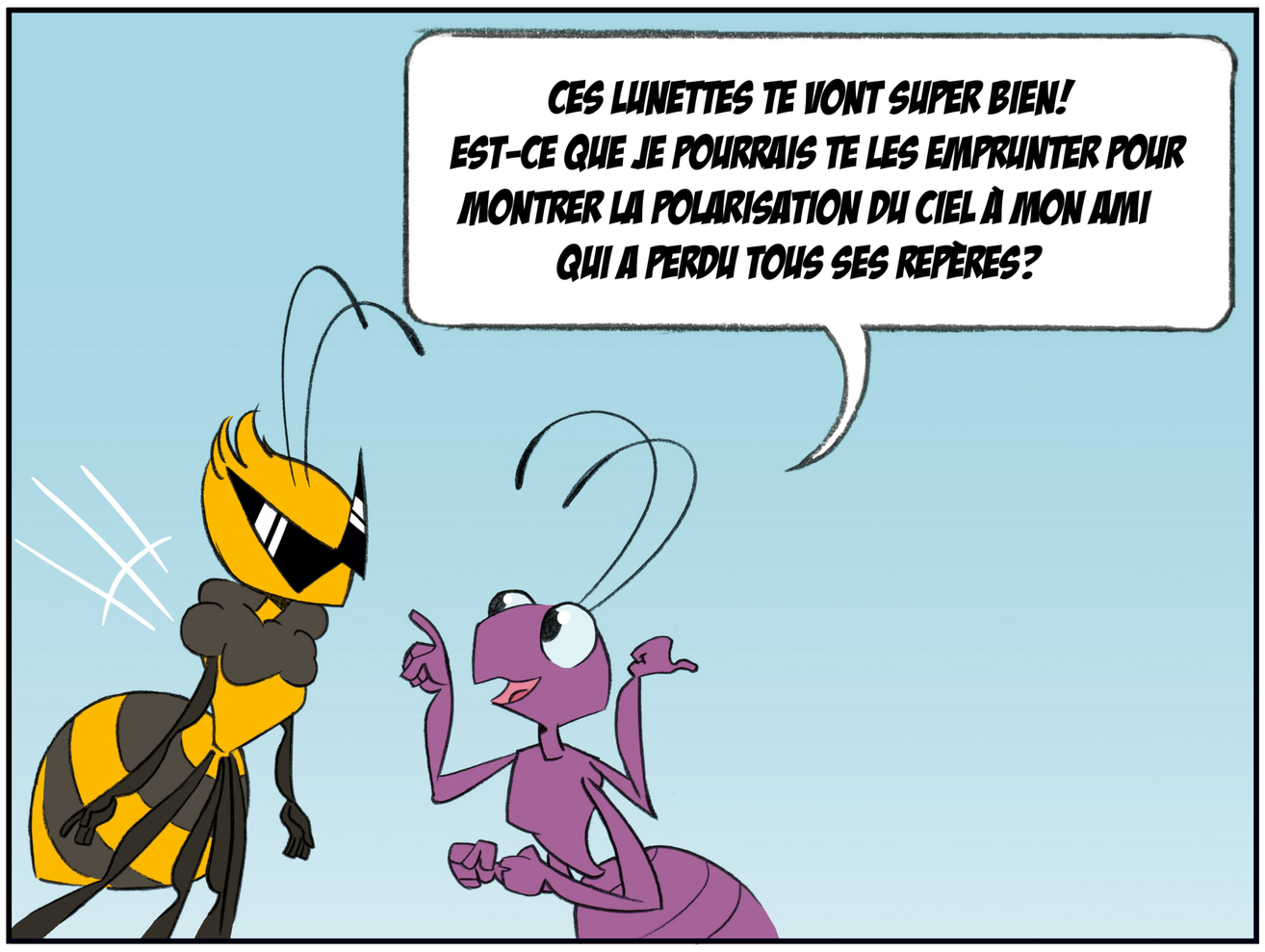


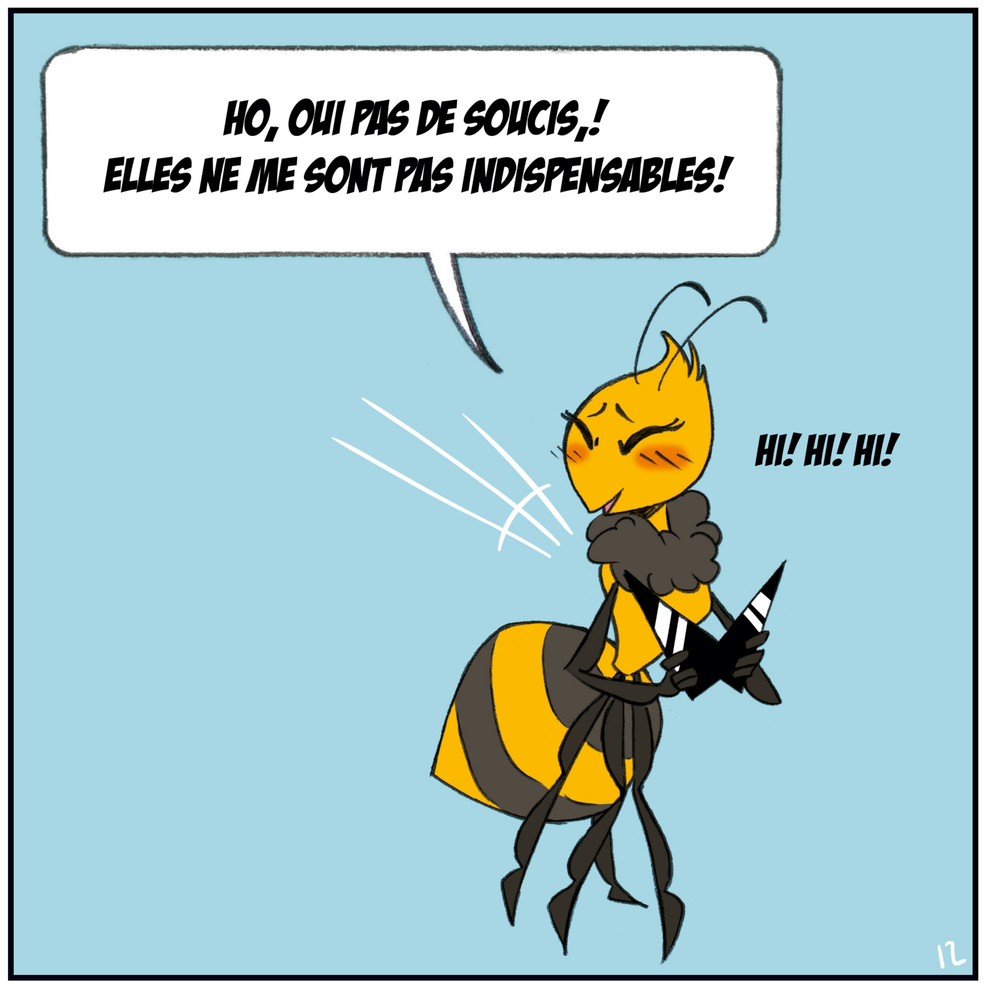
Explication du schéma.
A gauche, le système de comptage de pas de la fourmi, et à droite l'intégration du flux visuel provenant du sol. Chacun d'eux fournissant une mesure de distance parcourue à la fourmi. Les deux mesures sont indépendantes et mémorisées par la fourmi, puis elles sont fusionnées dans son petit cerveau comprenant seulement 250 000 neurones.

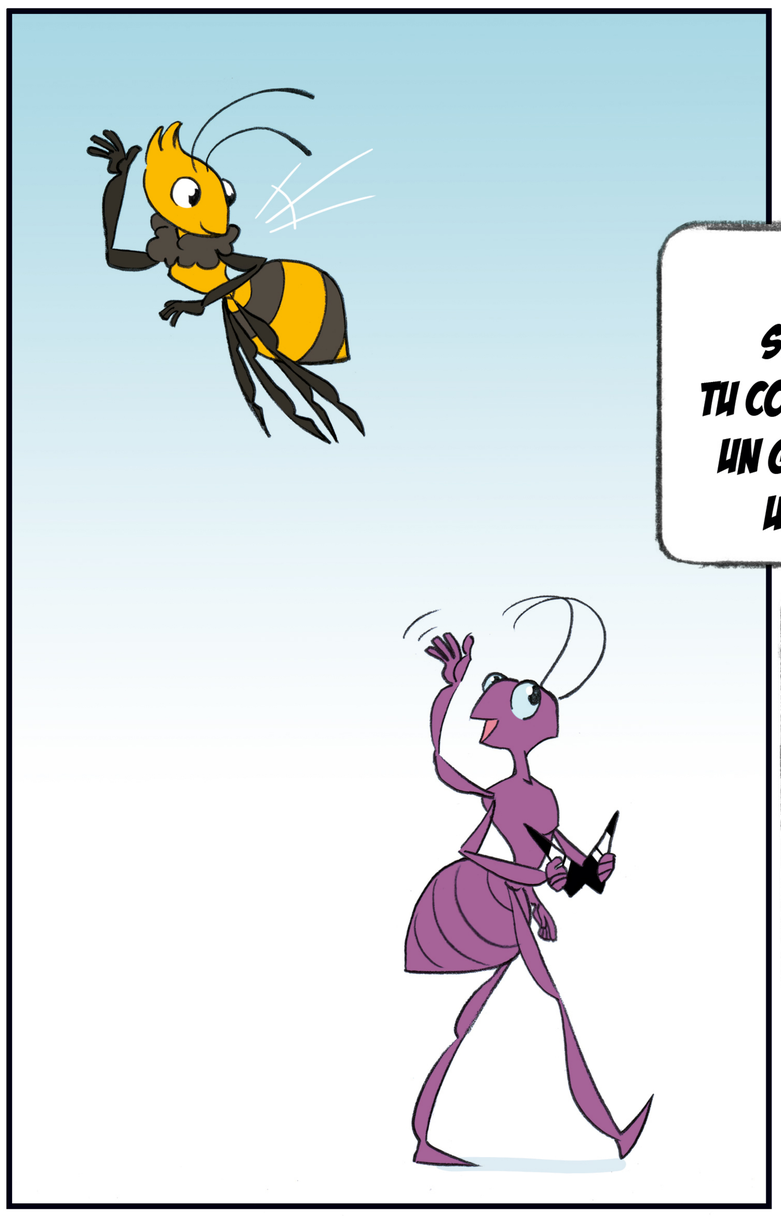


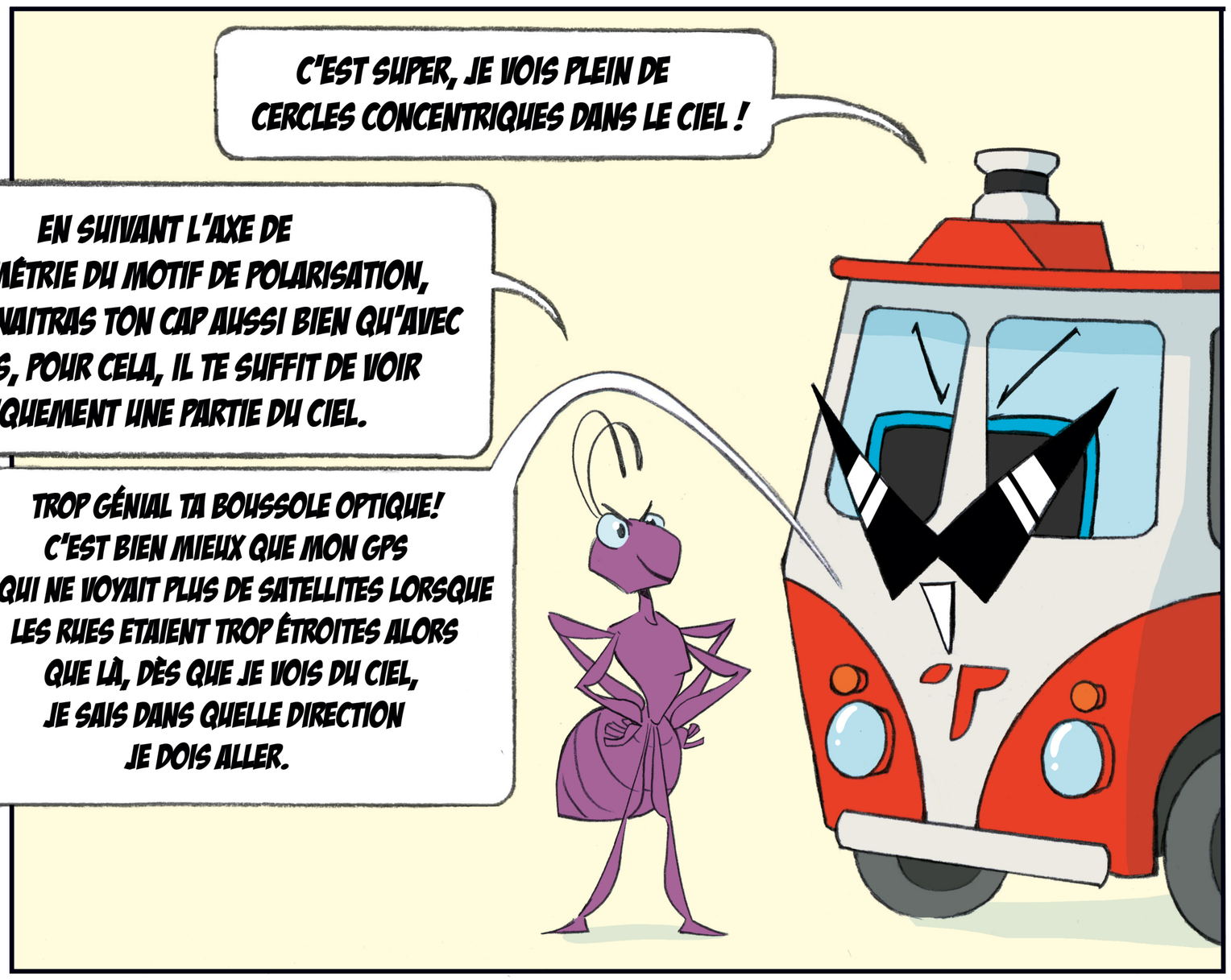

IL FAUT QUE JE TE TROUVE UNE PAIRE DE LUNETTES SOLAIRES EQUIPÉES DE VERRES POLARISÉS. C'EST TRÈS TENDANCE CHEZ LES ABEILLES.

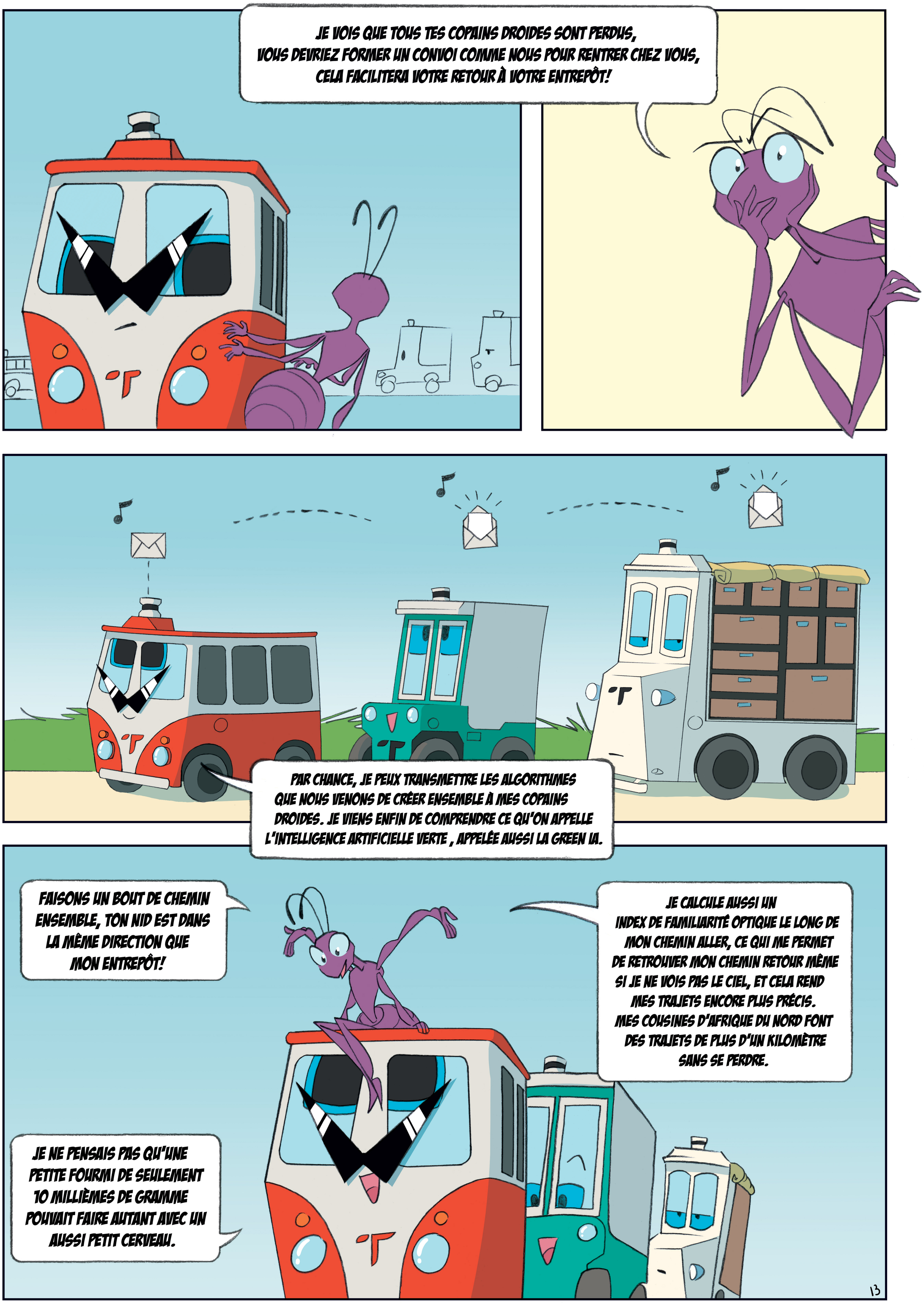

BONJOUR VOYAGEUSE DU CIEL, EST-CE QUE TU PEUX M'AIDER?
!

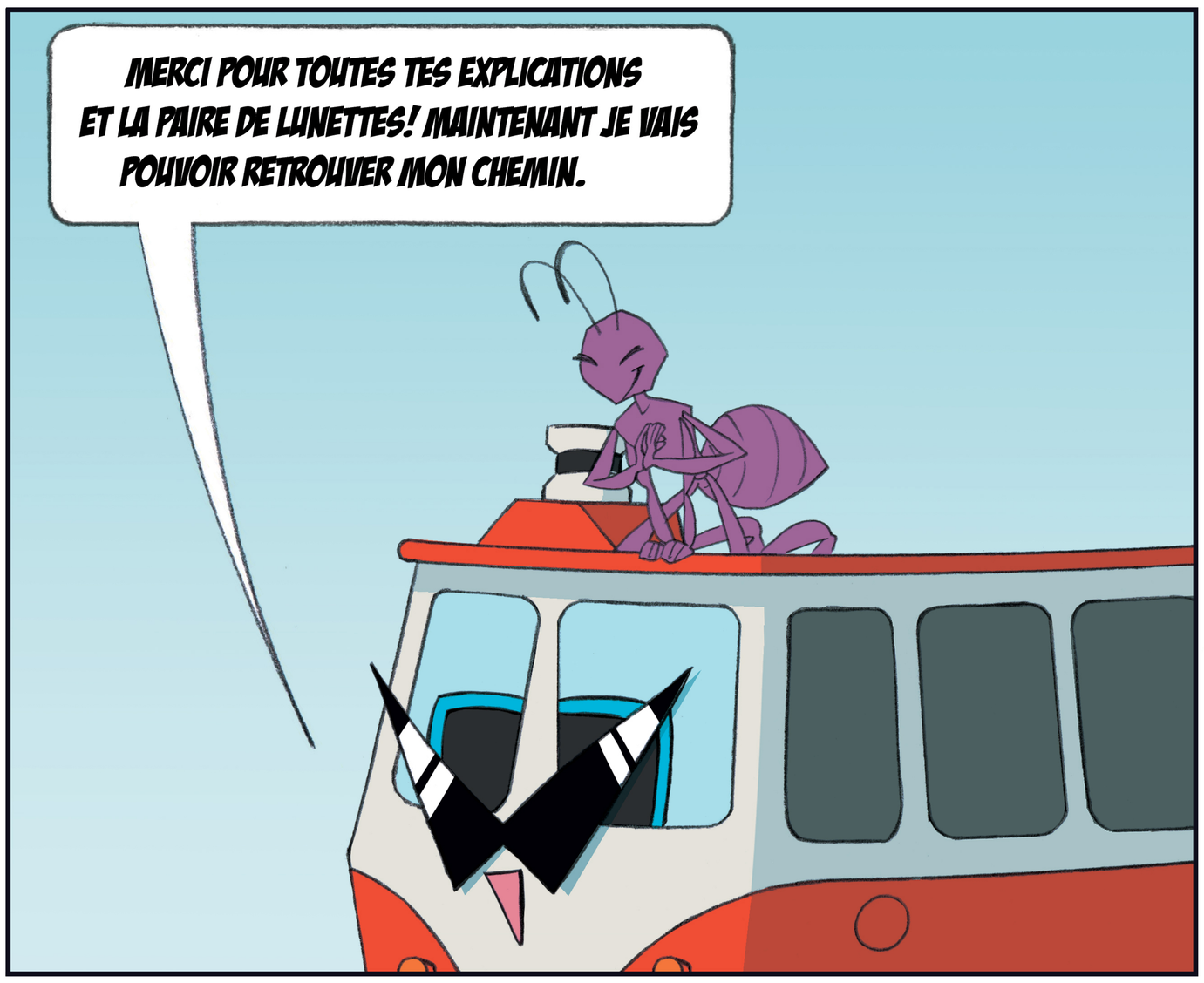

CES LUNETTES TE VONT SUPER BIEN! EST-CE QUE JE POURRAIS TE LES EMPRUNTER POUR MONTRER LA POLARISATION DU CIEL À MON AMI QUI A PERDU TOUS SES REPÈRES?

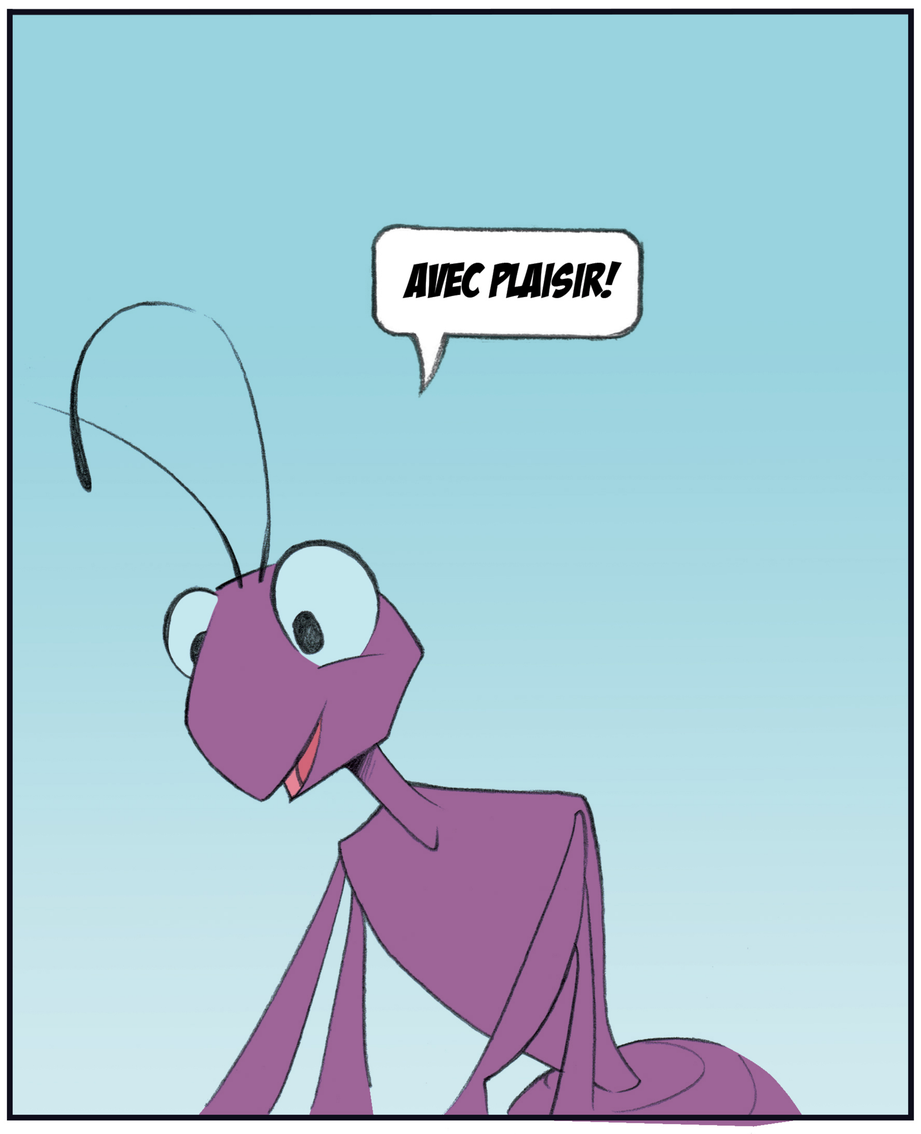

HO, OUI PAS DE SOUCIS,! ELLES NE ME SONT PAS INDISPENSABLES!
HI! HI! HI!

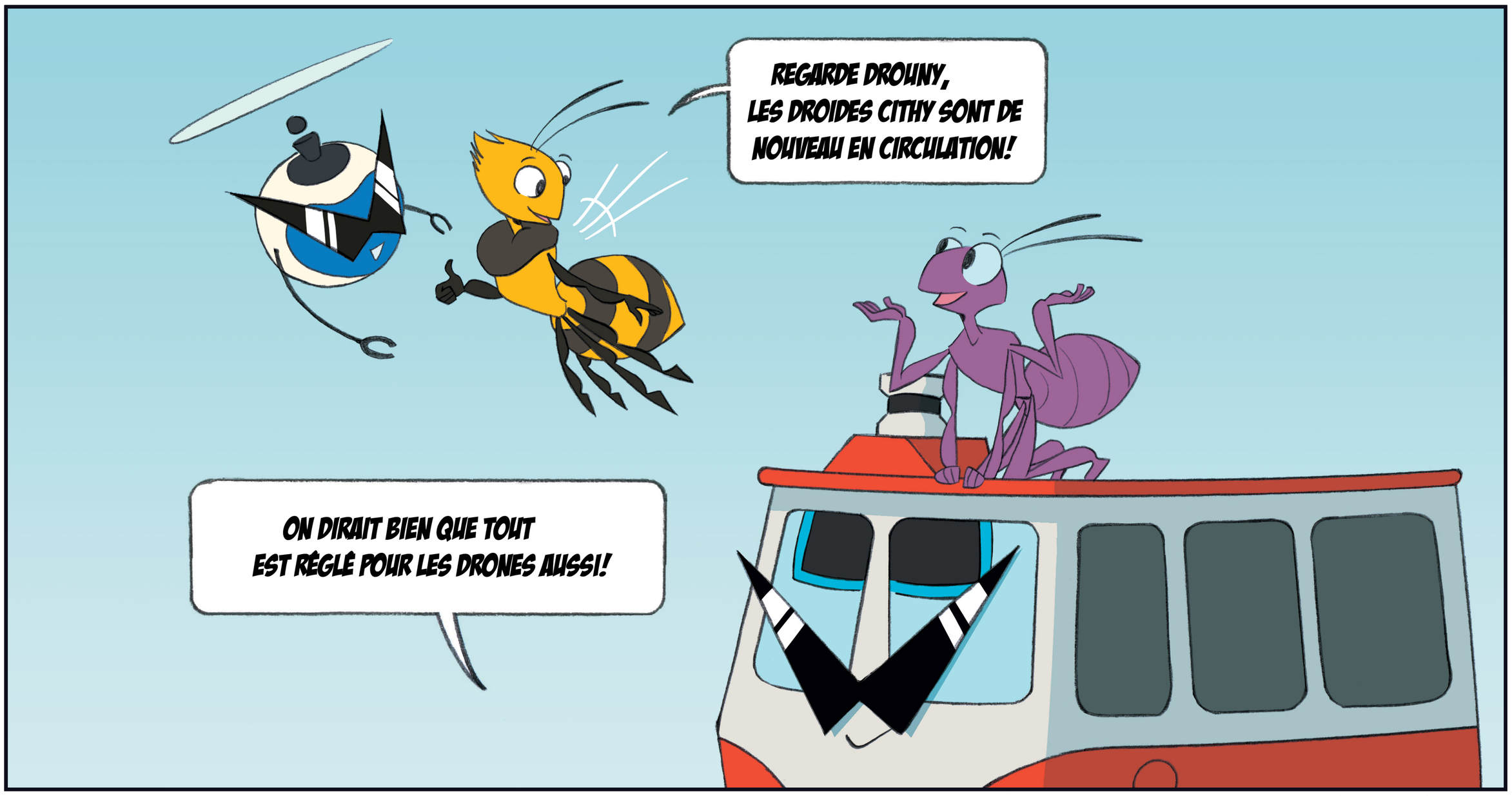


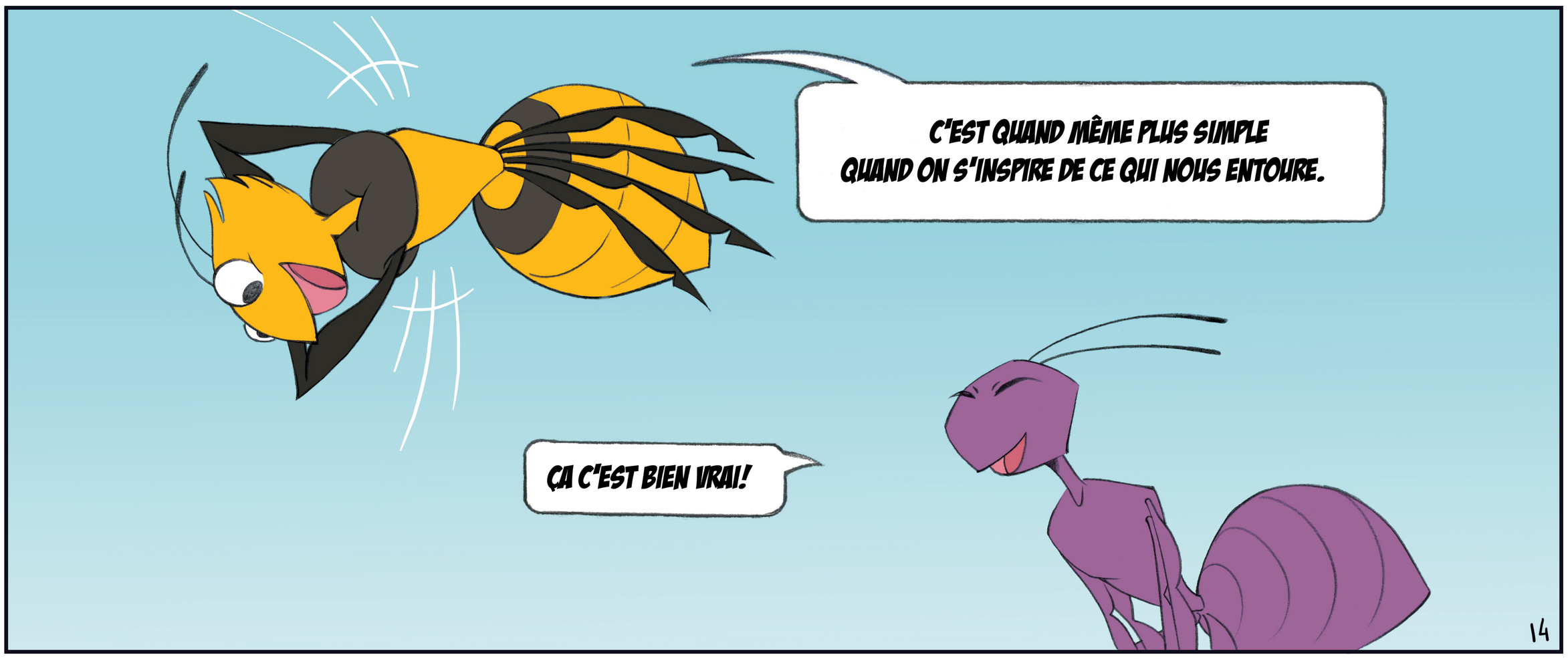

C'EST SUPER, JE VOIS PLEIN DE CERCLES CONCENTRIQUES DANS LE CIEL !
EN SUIVANT L'AXE DE SYMÉTRIE DU MOTIF DE POLARISATION, TU CONNAITRAS TON CAP AUSSI BIEN QU'AVEC UN GPS, POUR CELA, IL TE SUFFIT DE VOIR UNIQUEMENT UNE PARTIE DU CIEL.
TROP GÉNIAL TA BOUSSOLE OPTIQUE! C'EST BIEN MIEUX QUE MON GPS QUI NE VOYAIT PLUS DE SATELLITES LORSQUE LES RUES ETAIENT TROP ÉTROITES ALORS QUE LÀ, DÈS QUE JE VOIS DU CIEL, JE SAIS DANS QUELLE DIRECTION JE DOIS ALLER.


JE VOIS QUE TOUS TES COPAINS DROIDES SONT PERDUS, VOUS DEVRIEZ FORMER UN CONVOI COMME NOUS POUR RENTRER CHEZ VOUS, CELA FACILITERA VOTRE RETOUR À VOTRE ENTREPÔT!
PAR CHANCE, JE PEUX TRANSMETTRE LES ALGORITHMES QUE NOUS VENONS DE CRÉER ENSEMBLE À MES COPAINS DROIDES. JE VIENS ENFIN DE COMPRENDRE CE QU'ON APPELLE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE VERTE , APPELÉE AUSSI LA GREEN IA.
FAISONS UN BOUT DE CHEMIN ENSEMBLE, TON NID EST DANS LA MÊME DIRECTION QUE MON ENTREPÔT!
JE CALCULE AUSSI UN INDEX DE FAMILIARITÉ OPTIQUE LE LONG DE MON CHEMIN ALLER, CE QUI ME PERMET DE RETROUVER MON CHEMIN RETOUR MÊME SI JE NE VOIS PAS LE CIEL, ET CELA REND MES TRAJETS ENCORE PLUS PRÉCIS. MES COUSINES D'AFRIQUE DU NORD FONT DES TRAJETS DE PLUS D'UN KILOMÈTRE SANS SE PERDRE.
JE NE PENSAIS PAS QU'UNE PETITE FOURMI DE SEULEMENT 10 MILLIÈMES DE GRAMME POUVAIT FAIRE AUTANT AVEC UN AUSSI PETIT CERVEAU.


MERCI POUR TOUTES TES EXPLICATIONS ET LA PAIRE DE LUNETTES! MAINTENANT JE VAIS POUVOIR RETROUVER MON CHEMIN.


AVEC PLAISIR!


REGARDE DROUNY, LES DROIDES CITHY SONT DE NOUVEAU EN CIRCULATION!
ON DIRAIT BIEN QUE TOUT EST RÉGLÉ POUR LES DRONES AUSSI!


C'EST QUAND MÊME PLUS SIMPLE QUAND ON S'INSPIRE DE CE QUI NOUS ENTOURE.
ÇA C'EST BIEN VRAI!

JB2025