

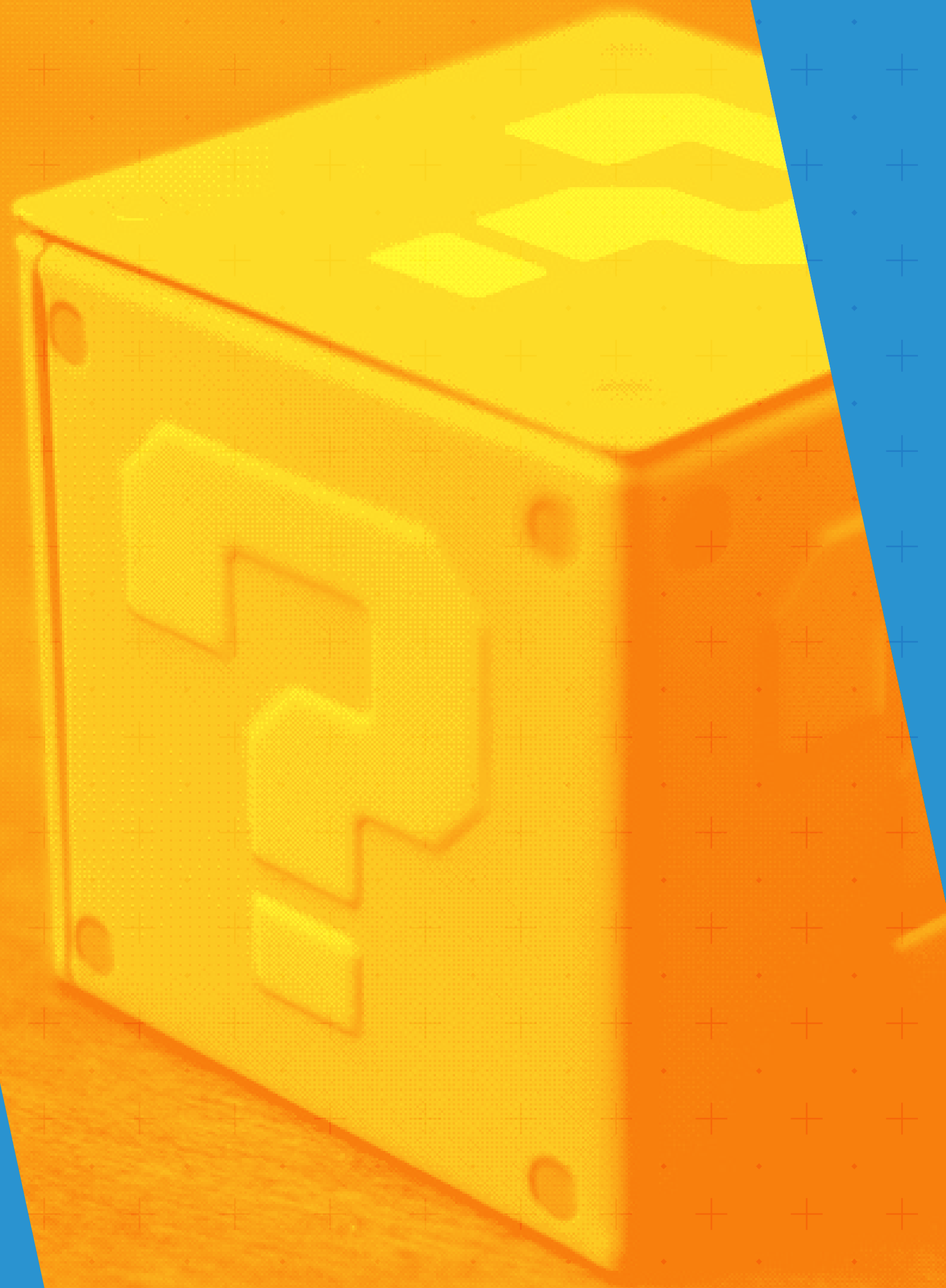


Ken Fager

[remy.eynard@ensam.eu](mailto:remy.eynard@ensam.eu) - Professeur en méthodologies de conception et technologies des réalités étendues

# LES RÉALITÉS ÉTENDUES

Technologies, usages, apports & déviances



Vos **attentes** vis-à-vis de cette séquence ?

« On est tous à la recherche d'une **frontière**, une **ligne claire** entre le **rêve** et la **réalité**. »

✍ Tahar Ben Jelloun, L'Auberge des pauvres

Mais c'est quoi les **réalités étendues** ?



## Deux technologies principales

La réalité **virtuelle**



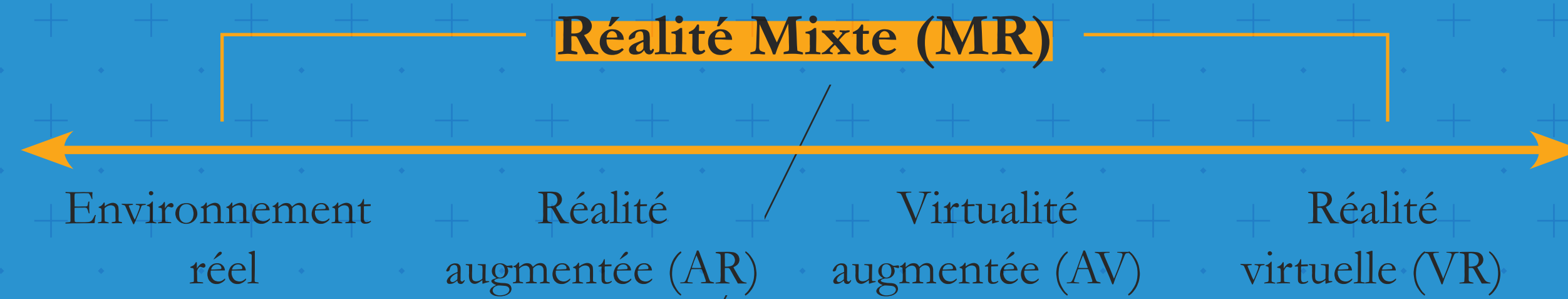
Leonard Lin

La réalité **augmentée**



NASA Kennedy

## Le continuum de la virtualité



Milgram, Paul; H. Takemura; A. Utsumi; F. Kishino (1994).

« Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum ». Proceedings of SPIE - Vol. 2351.

Qu'est-ce que la **réalité virtuelle** ?

La réalité virtuelle :

C'est une **simulation numérique** ou l'utilisateur peut interagir en **temps réel** dans un **environnement artificiel** en **immersion**.

La réalité virtuelle a pour vocation de :

« permettre à une ou plusieurs personne(s) une **activité sensori-motrice** et **cognitive** dans **un monde artificiel, créé numériquement...** »

 Fuchs, P., & Moreau, G. (2003). *Le traité de la réalité virtuelle, Volume 1*. Les presses de l'École des Mines.



Et de permettre de :

« réaliser [...] un certain nombre d'actions par des moyens [...] « naturels », d'éprouver physiquement des sensations visuelles, auditives, haptiques. »

 Segura, J (2012). Ce qu'il faut retenir de la réalité virtuelle au 20<sup>e</sup> siècle. AFRV

Définition

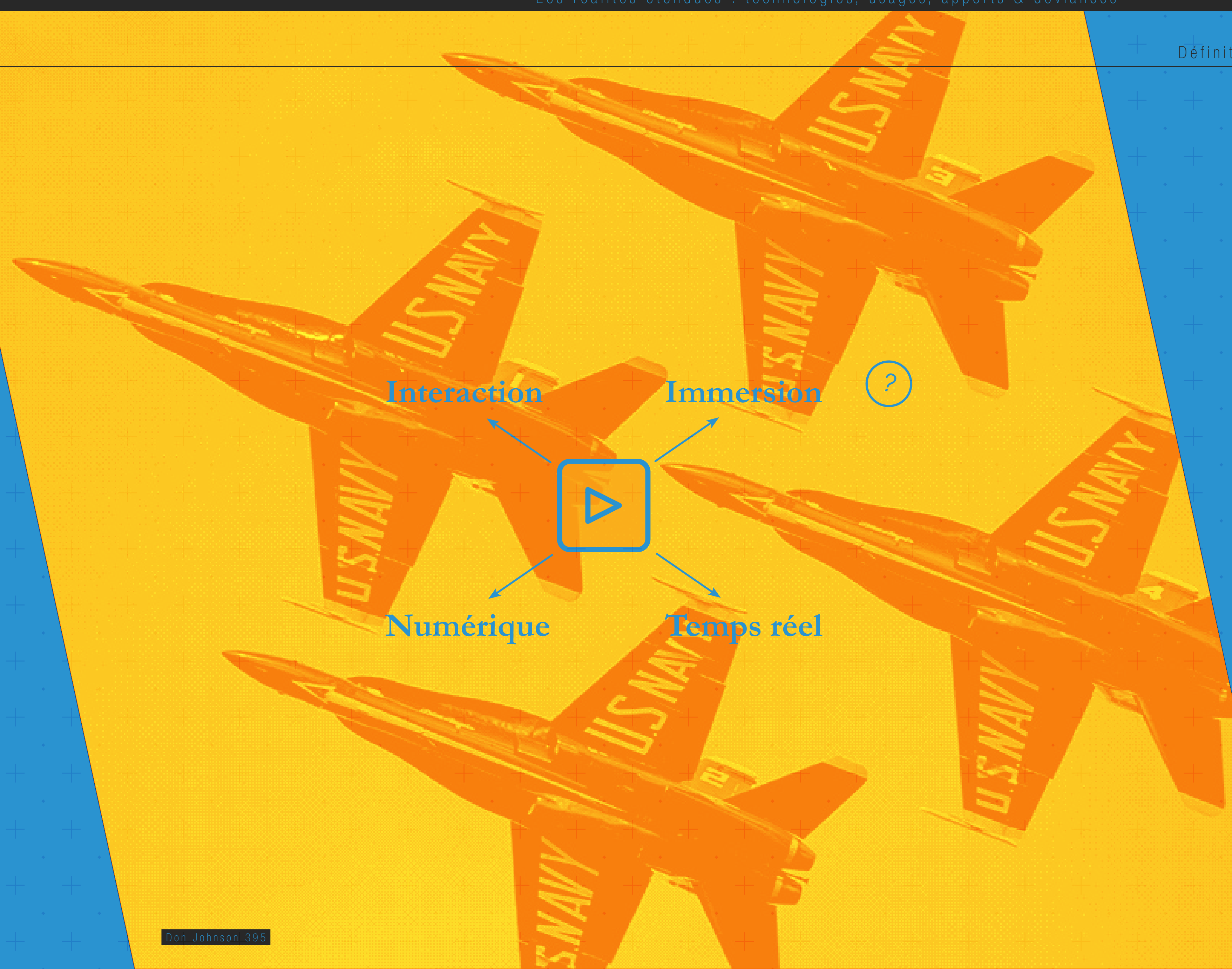
Interaction

Immersion

Environnement numérique

Temps réel





↻ Vidéo 360°

Interaction ..... ☐

Temps réel ..... ☐

Numérique ..... ☒

Immersion ..... ☐







# 👁️ Expérience immersive passive

Interaction ..... ☐

Temps réel ..... ☐

Numérique ..... ☒

Immersion ..... ☒

Interaction

Immersion



Numérique

Temps réel

## Jeux vidéo en réalité virtuelle

Interaction ..... ☒

Temps réel ..... ☒

Numérique ..... ☒

Immersion ..... ☒

Interaction

Immersion



Numérique

Temps réel





# Experience immersive interactive

Interaction ..... ☒

Temps réel ..... ☐

Numérique ..... ☒

Immersion ..... ☒

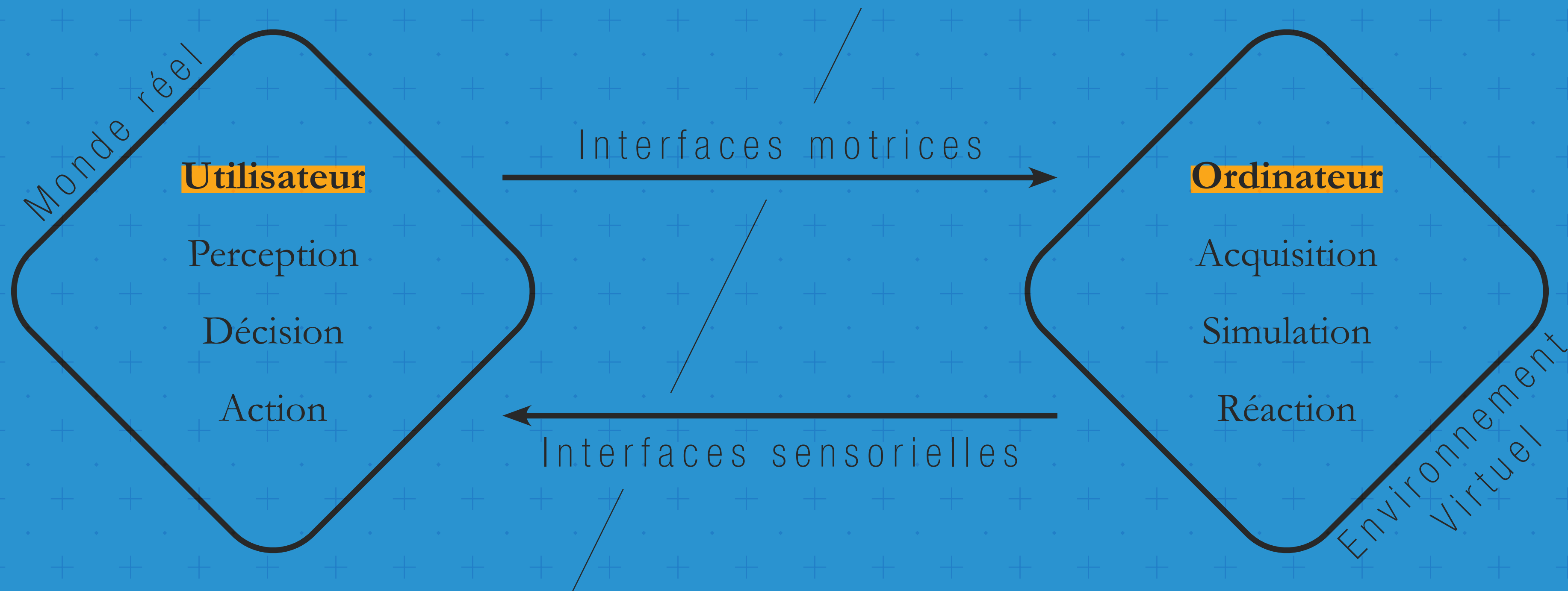


La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

Comment obtient-on une expérience  
**immersive interactive** en **temps réel** ?

## La boucle de perception-décision-action

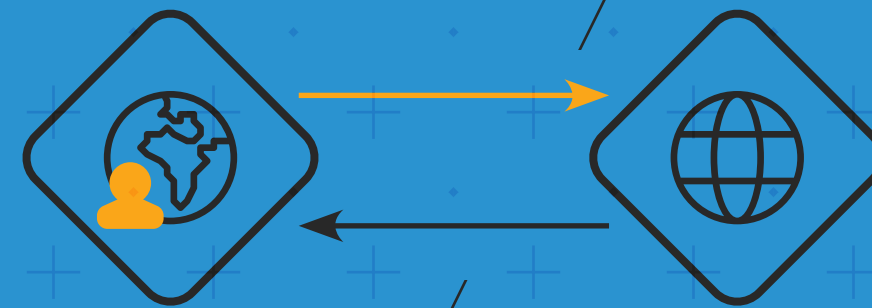
🔗 Fuchs, P., & Moreau, G. (2003). *Le traité de la réalité virtuelle, Volume 1*. Les presses de l'École des Mines.



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

Ces **deux flux** reposent sur **l'association** de  
**plusieurs technologies.**

Réel → Virtuel : (inter)action



Les interfaces motrices : gants de données, manettes, capteurs.

Elles permettent de **faire l'acquisition des mouvements, des actions** de manière plus ou moins **naturelle** et **non intrusive**.



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?



**Vive Index : Contrôleurs**

The Verge

The Verge

The Ghost Howl



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?



## Oculus Quest 2 : Contrôleurs





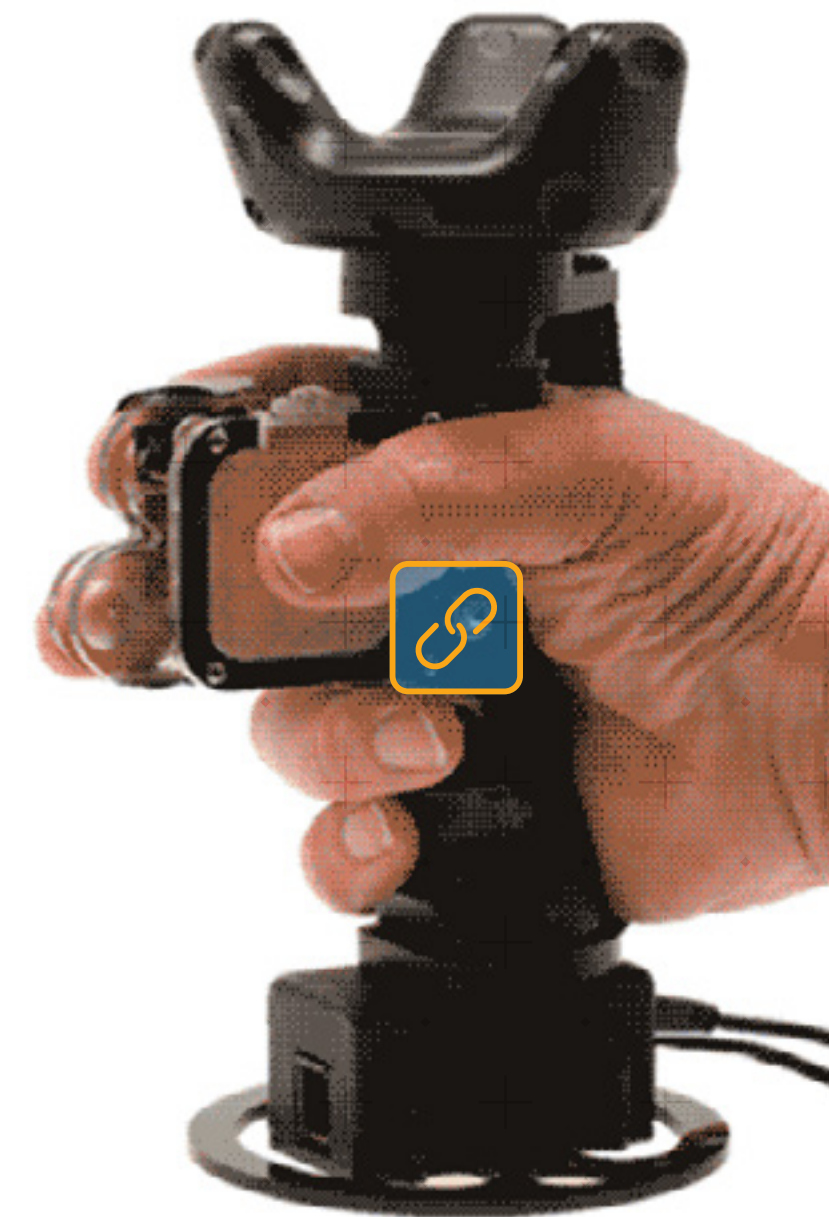
La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?



Microsoft



Wacom



Microsoft

Voice coil



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?



Leap



Vive Pro : Suivi de l'oeil

Tobii



Thalamic Lab.



La réalité virtuelle, comment ça fonctionne-t-il ?

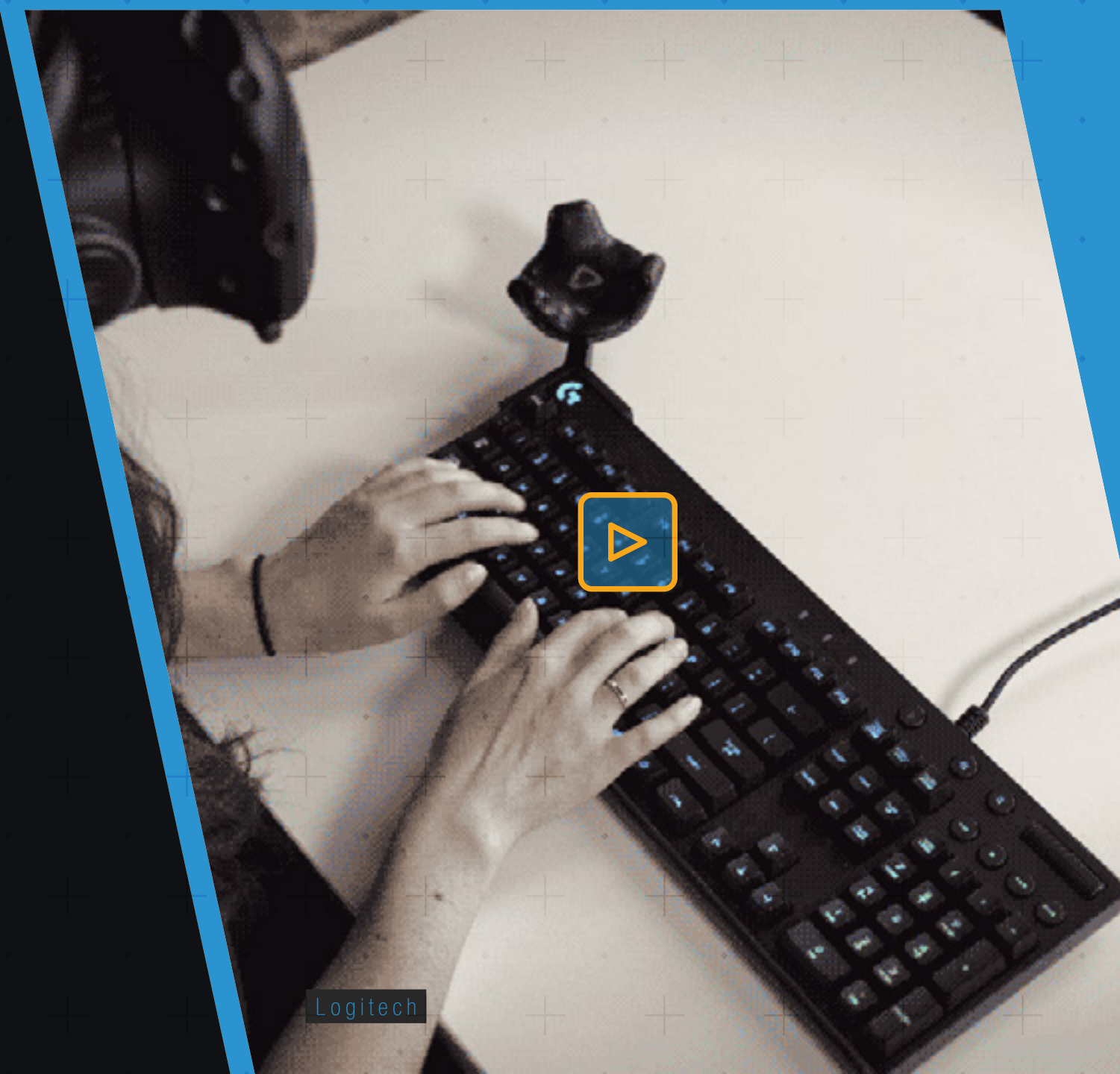


HTC



Plexus Gloves

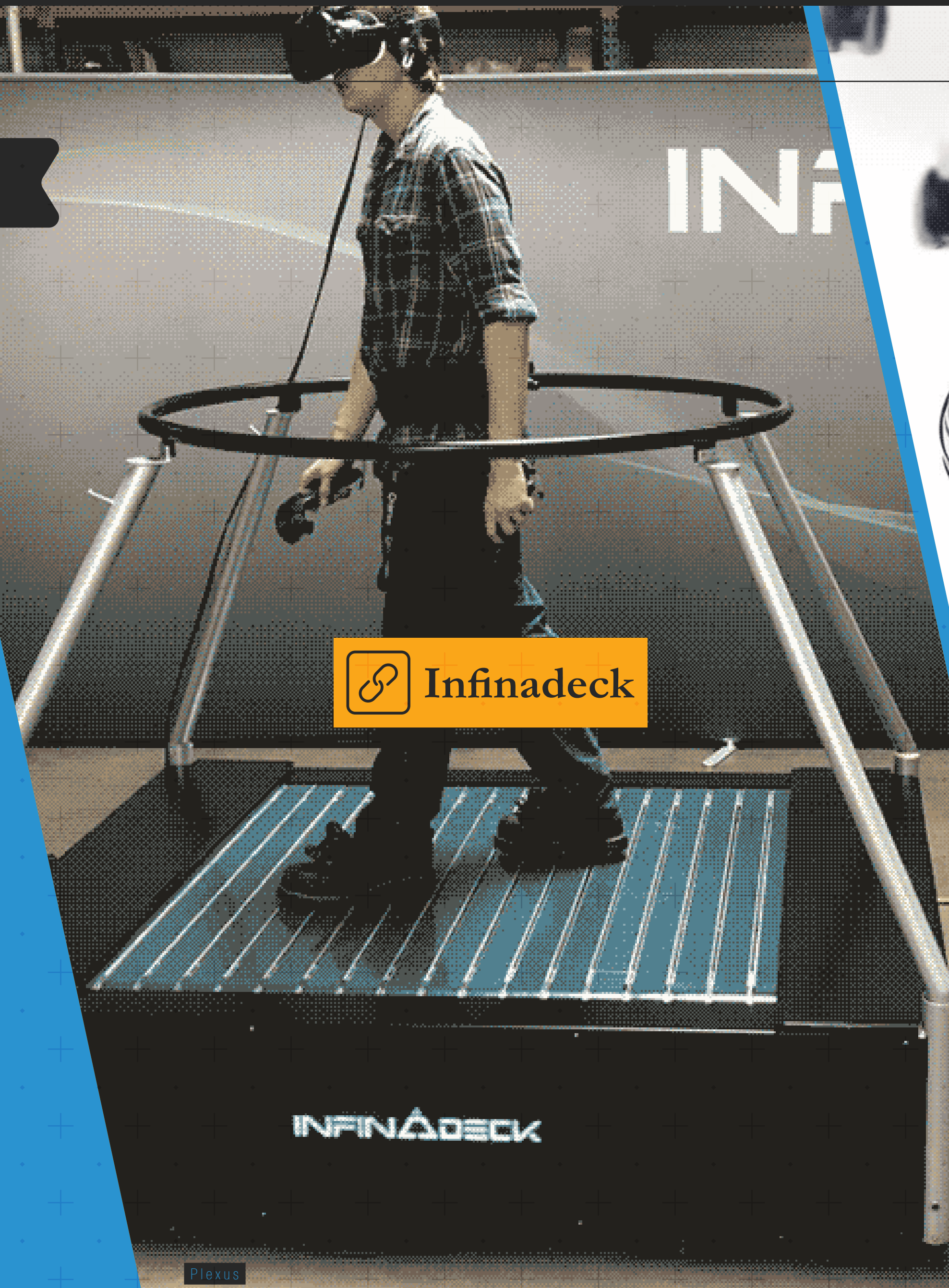
Plexus



Logitech



## Déplacements



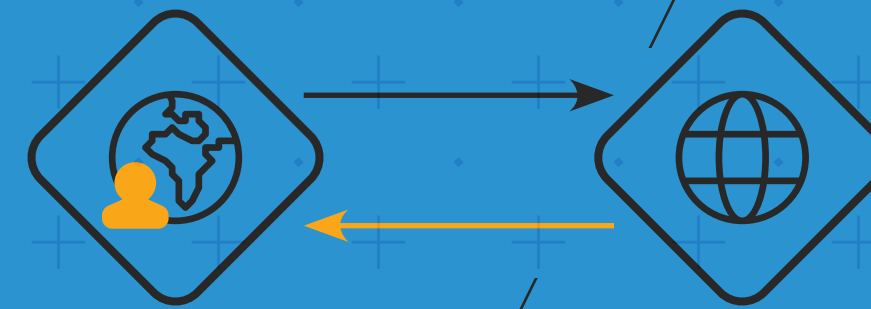
 Infinadeck



La réalité virtuelle, comment ça fonctionne-t-elle ?



Virtuel → Réel : **perception** (immersion)



Les interfaces sensori-motrices : **visiocasques**,  
salle d'immersion (CAVE), gants ou bras haptique...

Elles apportent un retour **sensori-moteur de l'action**  
**réalisée** dans l'environnement virtuel : images, vibrations,  
force de résistance, vent, accélération, etc.

## Les visiocasques (ou HMD\*)

### Les casques pour smartphones

- **Taux de pénétration** des smartphones ;
- équipement **très bon marché** (abstraction faite du coût du smartphone) ;
- encombrement faible.



- Suivi de mouvement (3DdL, gyroscopes) ;
- **puissance** de traitement graphique **limitée** ;
- **ralentissements** potentiels.



\*HMD : Head Mounted Display

## Les visiocasques (ou HMD)

### Casques de réalité virtuelle

- Meilleure interactivité (6DdL, système de suivi performant) ;
- contrôleurs 6 DdL ;
- écran **haute résolution** ;
- capacité de **rendu** ;
- possibilités de **modules supplémentaires**.



- Nécessite un **ordinateur performant** ;
- présence d'un **câble**, potentiel réducteur d'immersion (voir kits sans fils);
- matériel **coûteux** (HMD + PC).



Development Kit

## Les visiocasques (ou HMD)

### Les casques de réalité virtuelle autonomes

- Pas de **câble** ;
- **plus puissant** qu'un smartphone ;
- solution **tout-en-un** (pas besoin d'ordinateur).

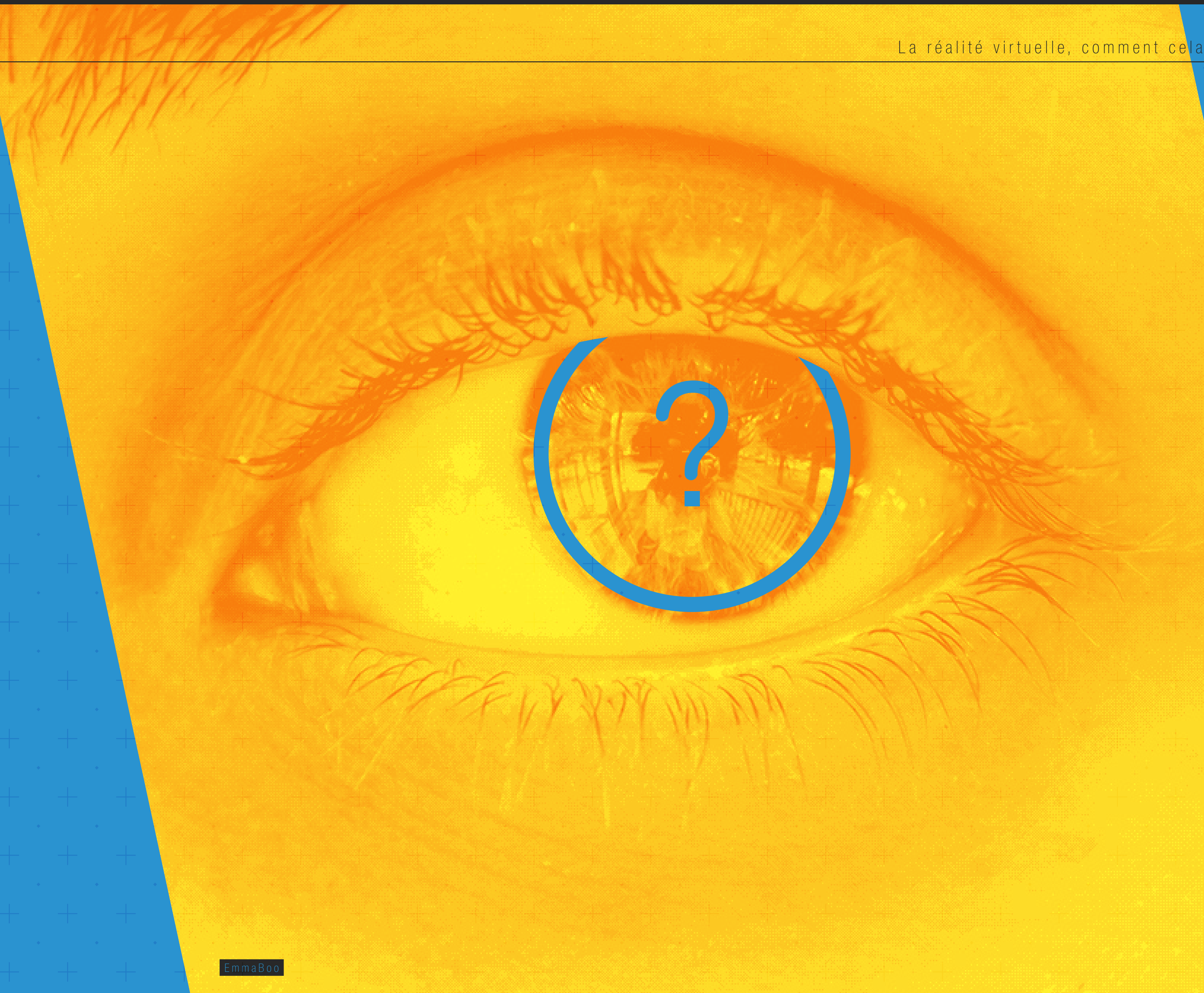


- **Faible autonomie** ;
- **moins puissant** que les casques filaires ;
- contraintes liées **aux systèmes d'exploitation**.

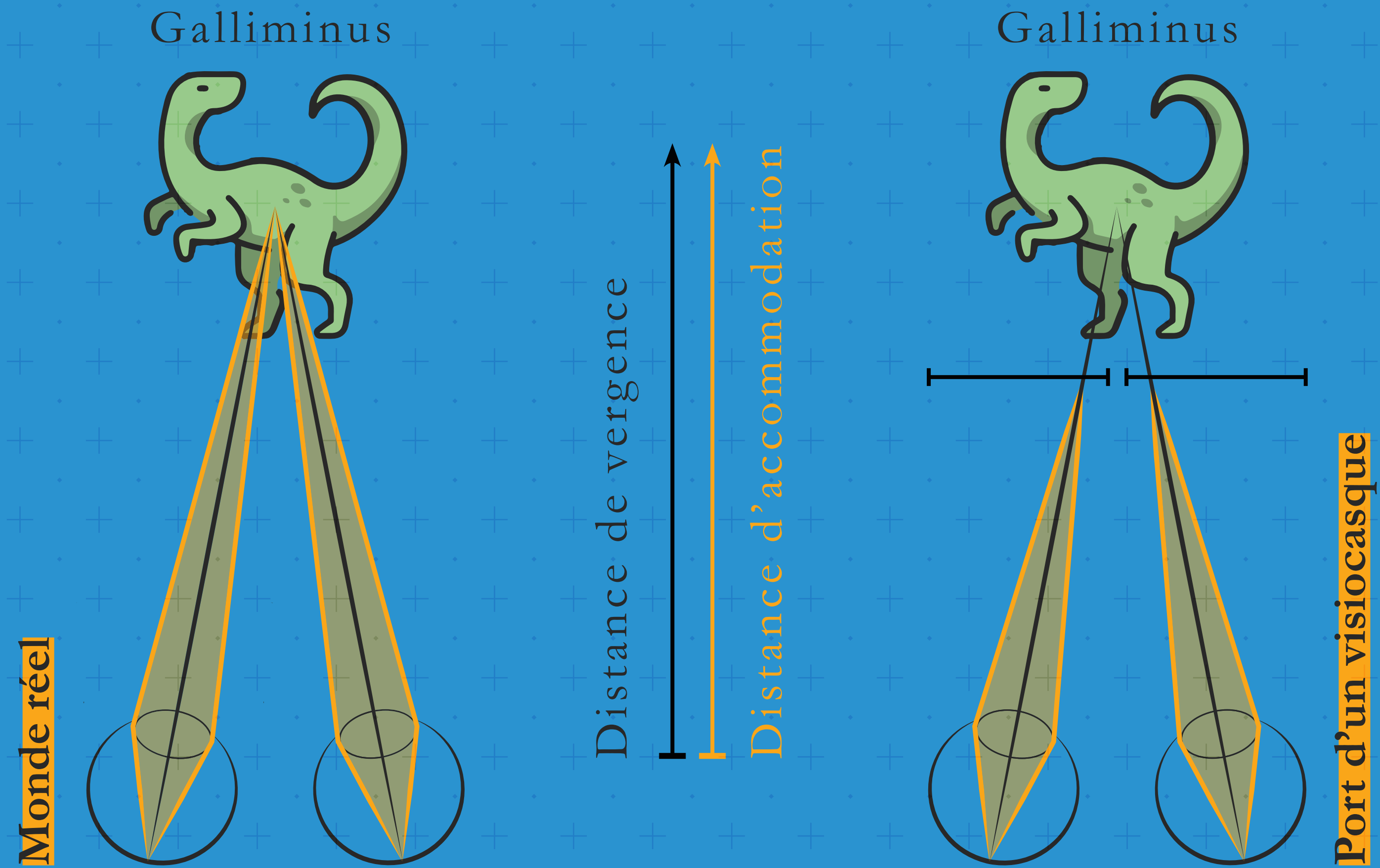




La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?



## La stéréoscopie





La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

Anaglyphe

Wim Hoppebrouwers

Stéréoscopie

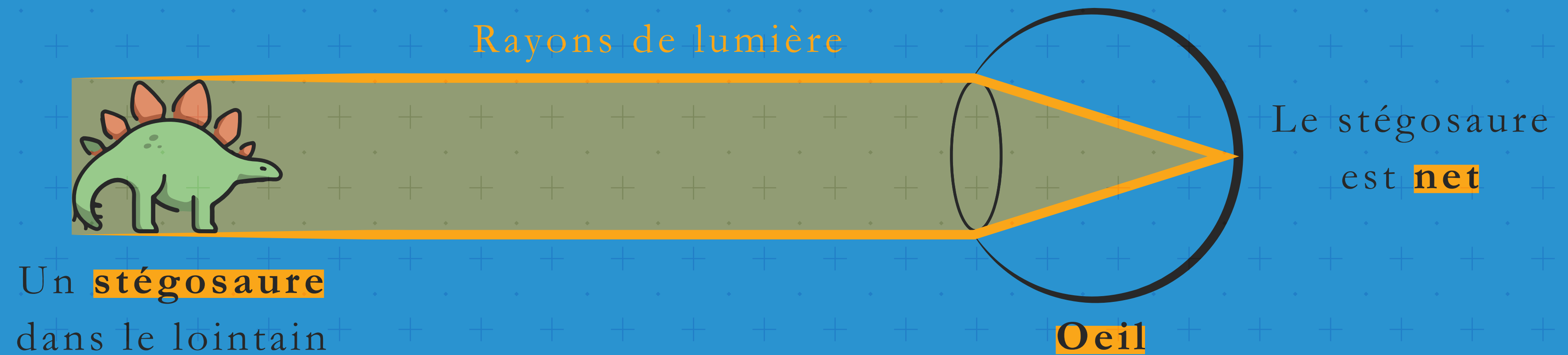
Victor Spang Arthursson

Autostéréoscopie

Bryan Ochalla

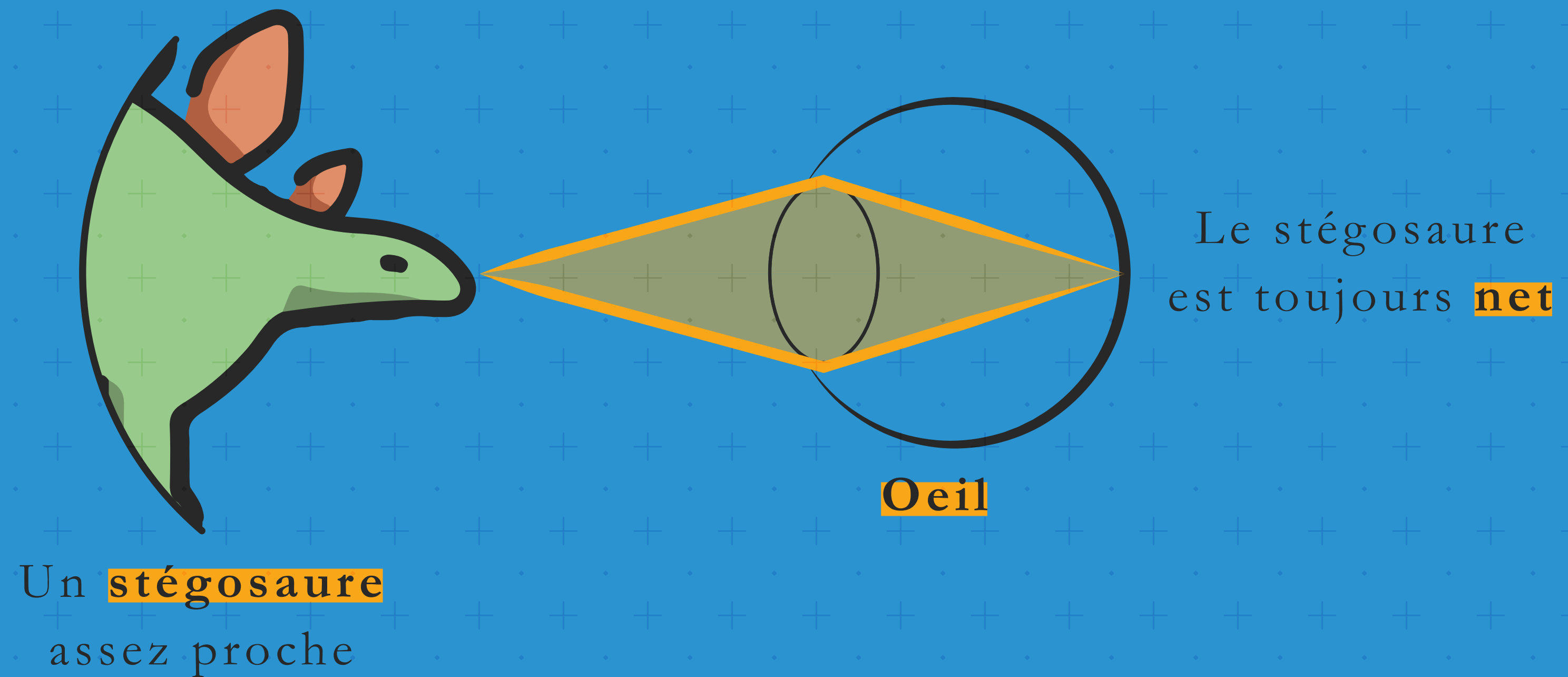


## L'utilité des lentilles dans un visiocasque

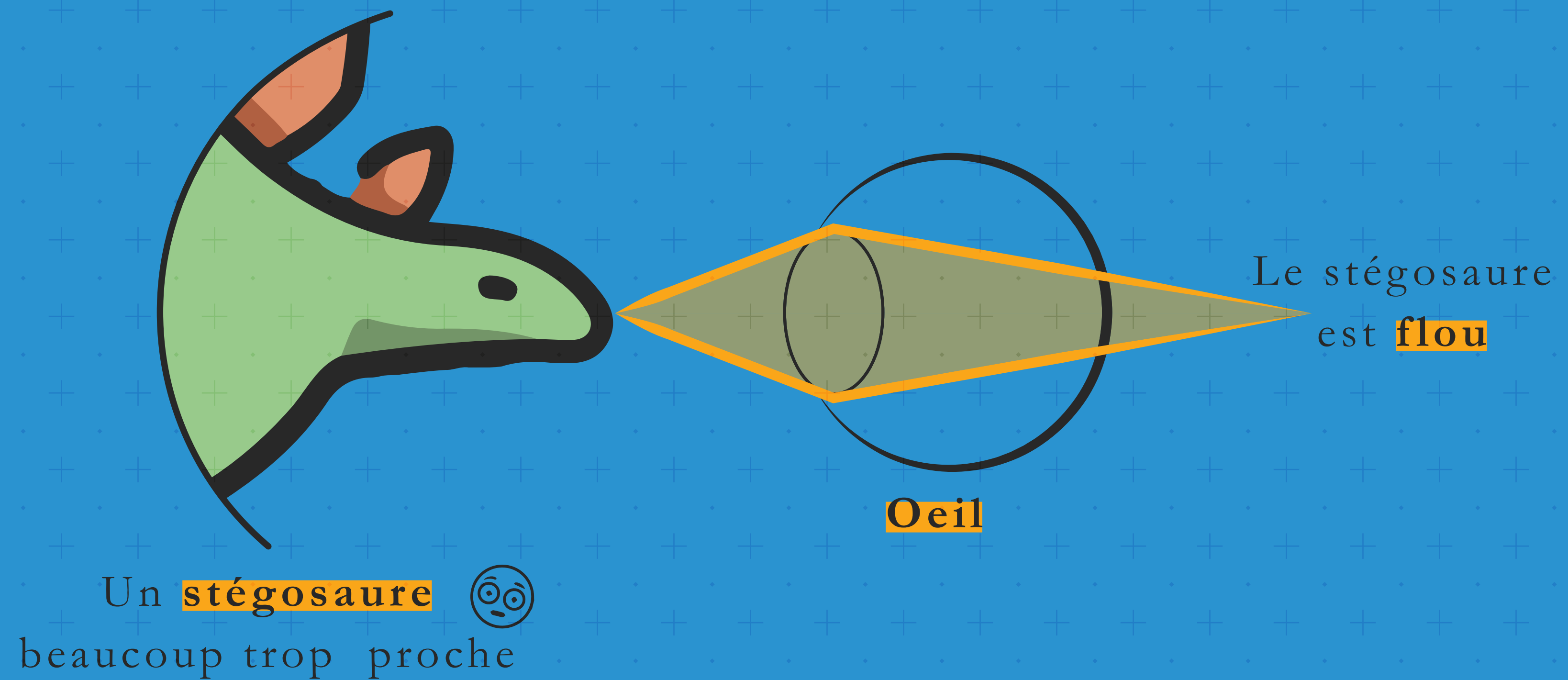




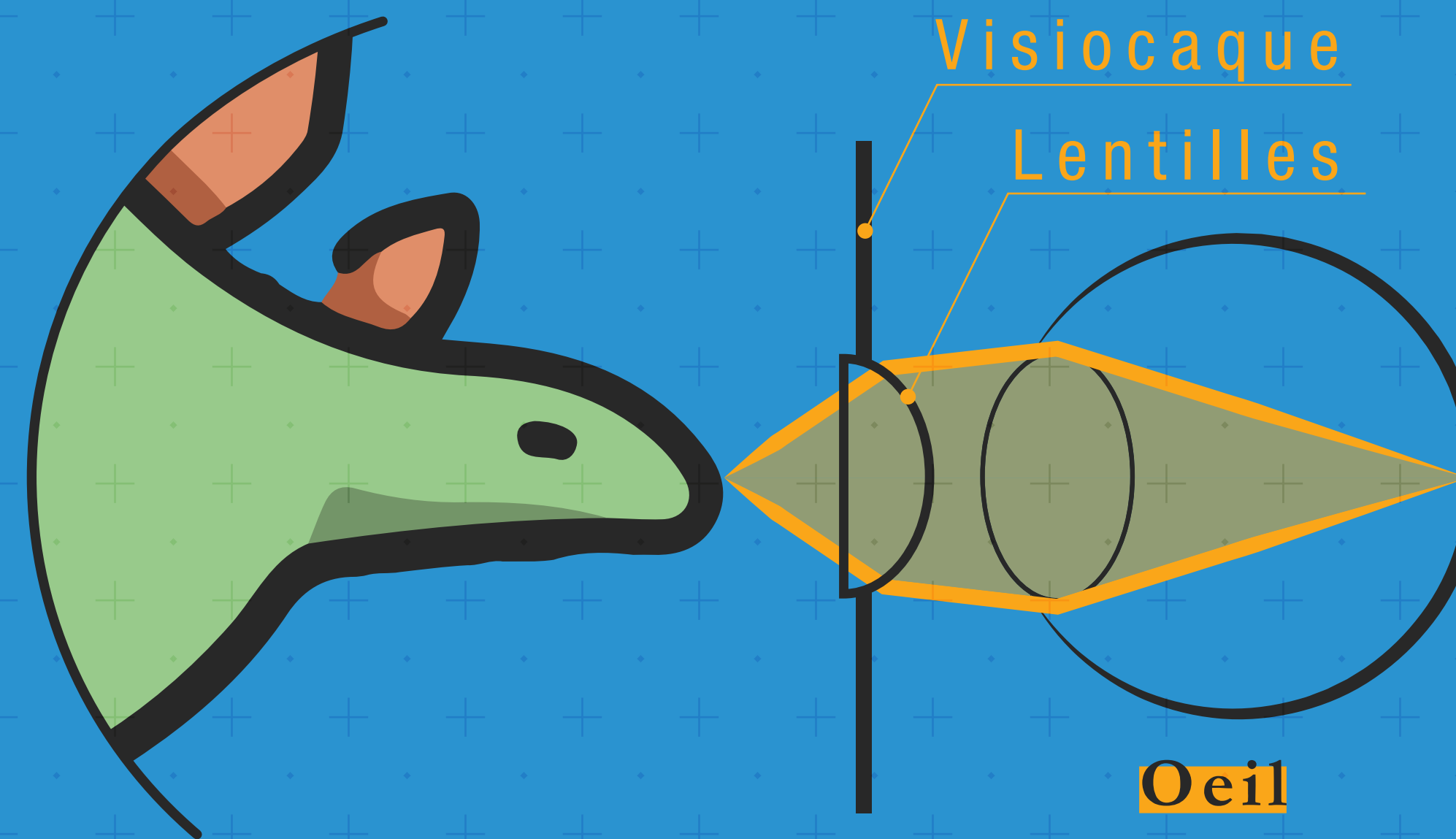
## L'utilité des lentilles dans un visiocasque



## L'utilité des lentilles dans un visiocasque



## L'utilité des lentilles dans un visiocasque



Le stégosaure  
**virtuel** est **net**

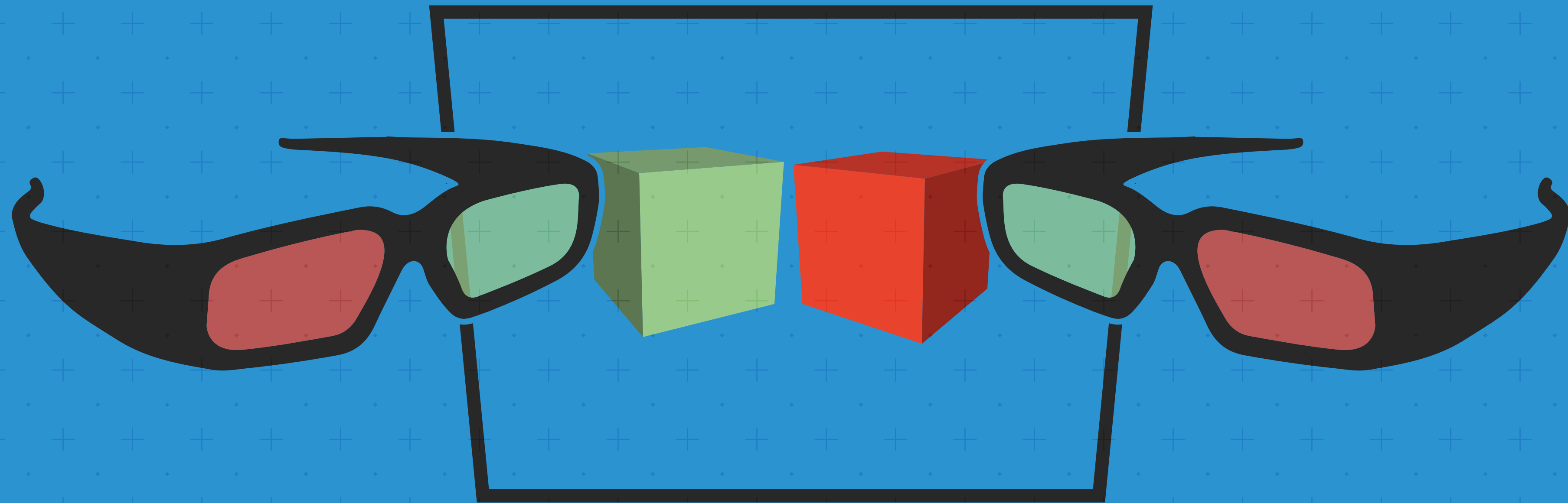
Un **stégosaure virtuel**  
toujours trop proche

La réalité virtuelle comment cela fonctionne-t-il ?

## Cave Automatic Virtual Environnement

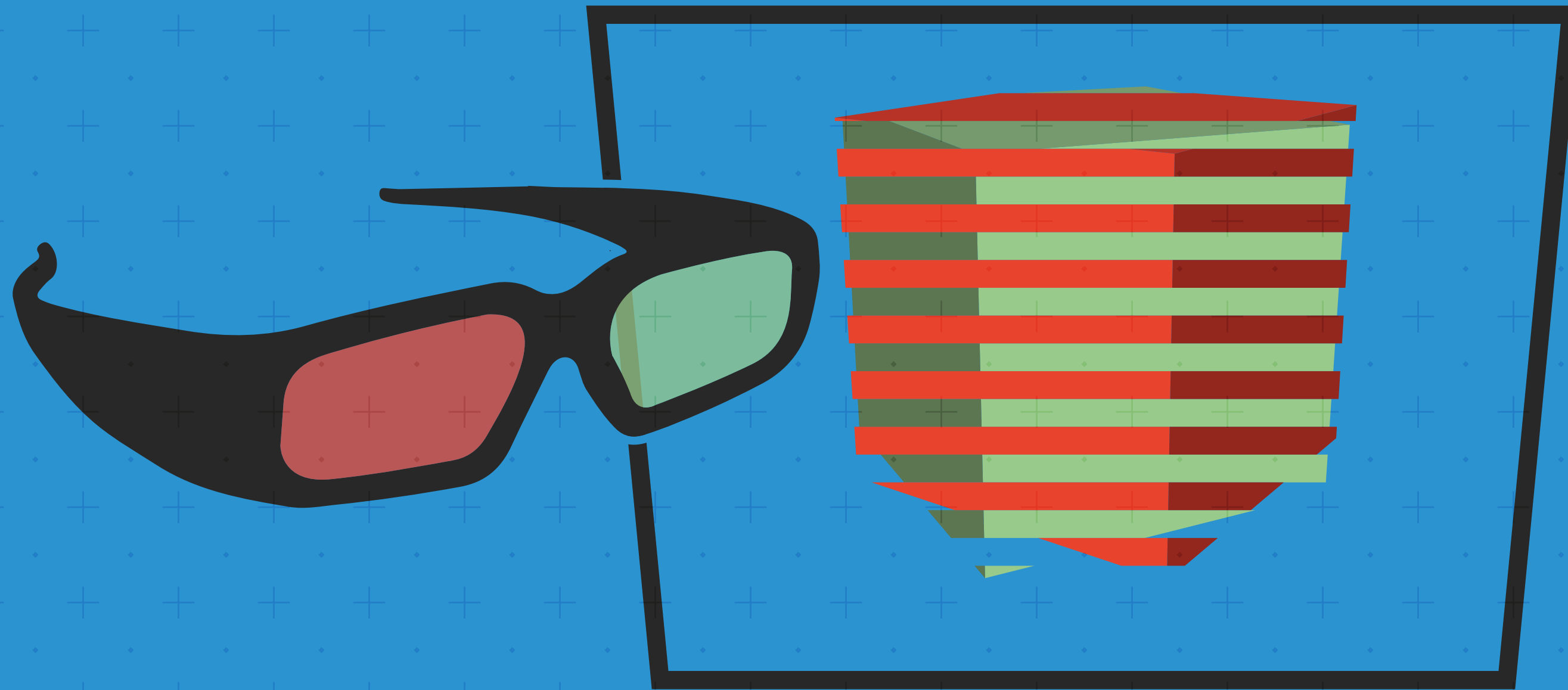


Stéréoscopie sur écran (120 Hz)



Stéréoscopie **active**

## Stéréoscopie dans un CAVE



Stéréoscopie **passive** (polarisée)

La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

Quid des autres sens ?



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

## Interfaces Haptiques



  **Virtuose 6D**

Haption

Arkadiusz



Woojer

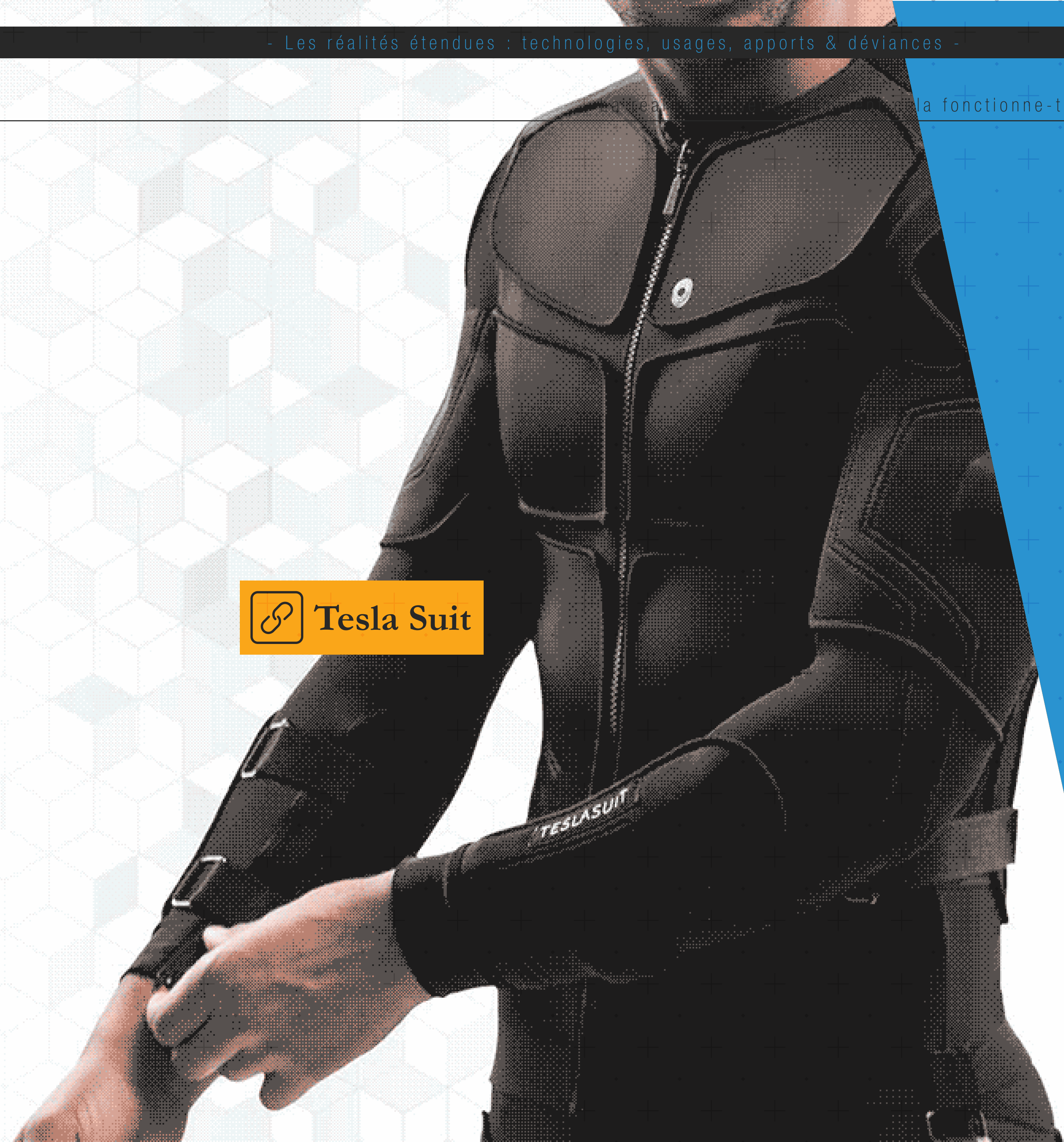


## Interfaces Haptiques



VR Electronics

 Tesla Suit



la fonctionne-t-il ?



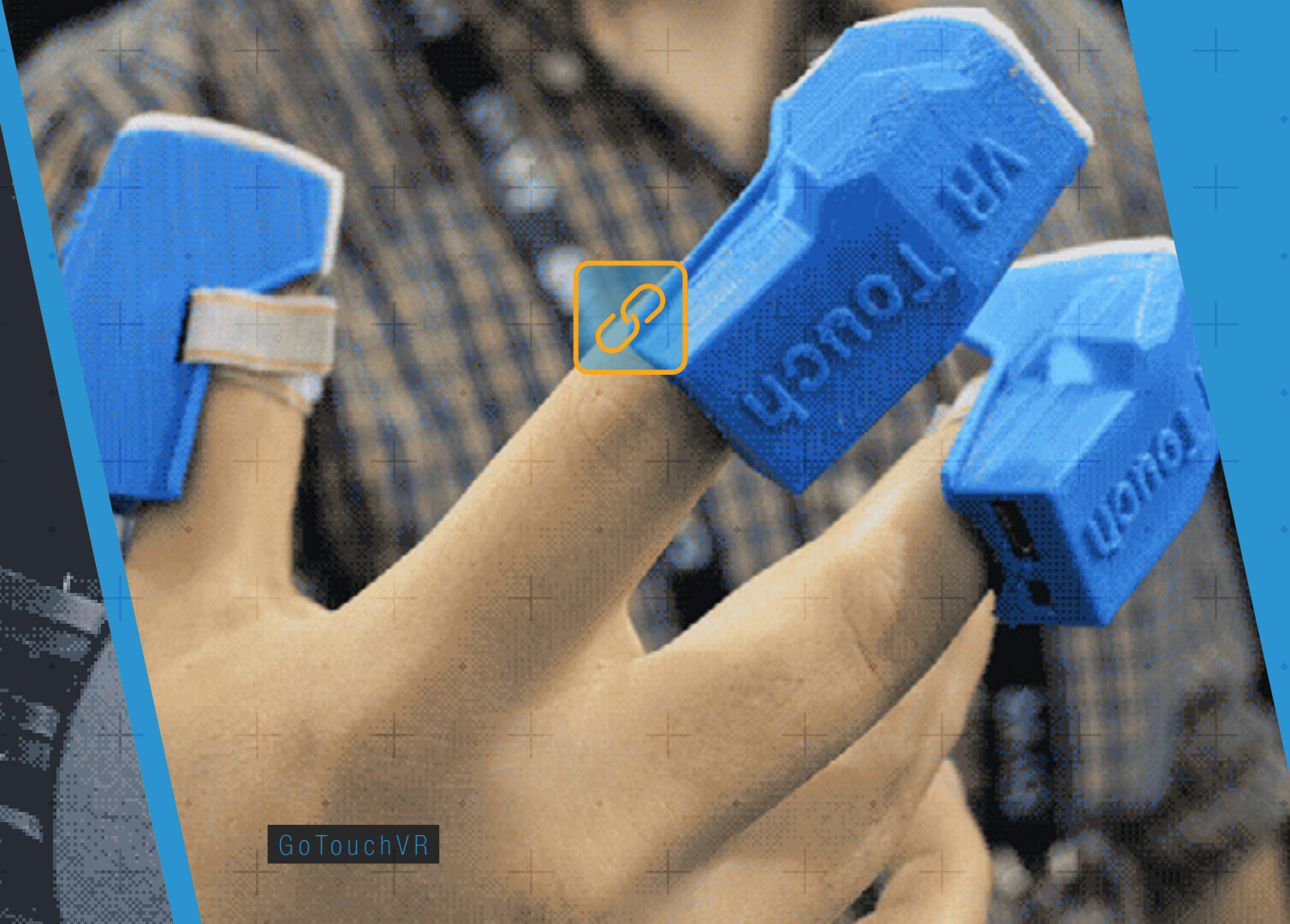
La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

## Interfaces Haptiques



 **HaptX Gloves**

HaptX



GoTouchVR



EXIII



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

## Interfaces Haptiques

 WiReality

Cathy Fang

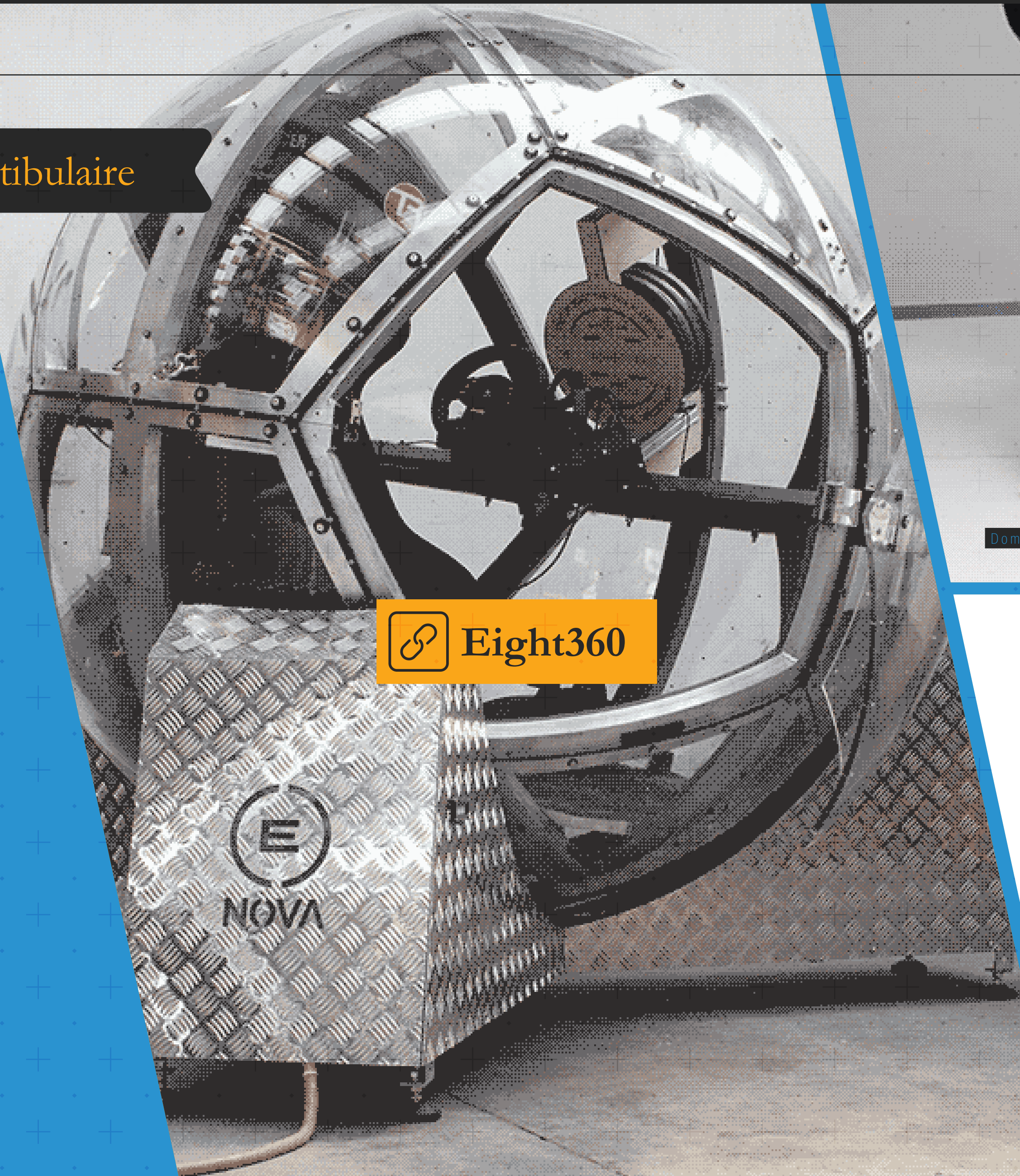
UltraLeap

Microsoft Research



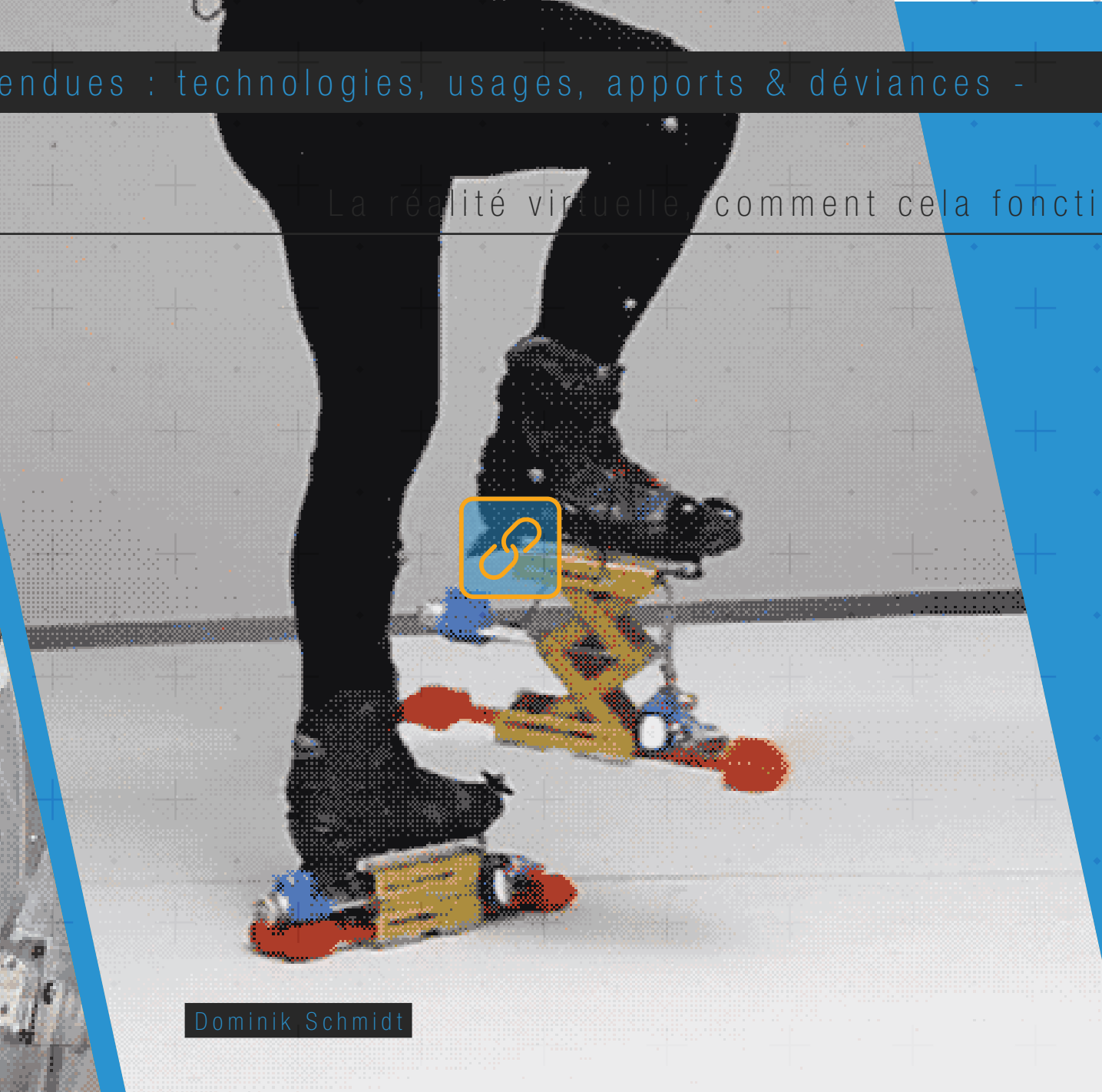
La réalité virtuelle comment cela fonctionne-t-il ?

## Système vestibulaire



Nova VR

 **Eight360**



Dominik Schmidt



Ekto VR

La réalité virtuelle, comment ça fonctionne-t-il ?

## Thermoréception



ThermoReal



Jas Brooks



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

## Sons spatialisés

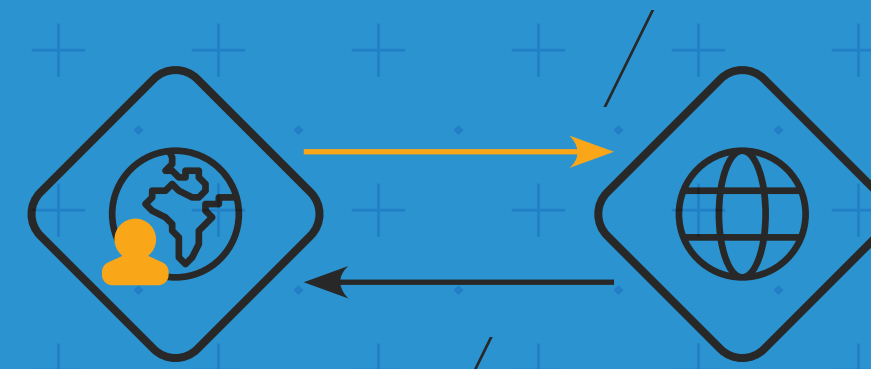


La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

## Les goûts & les odeurs ?



Réel → Virtuel : **Acquisition & réactions**

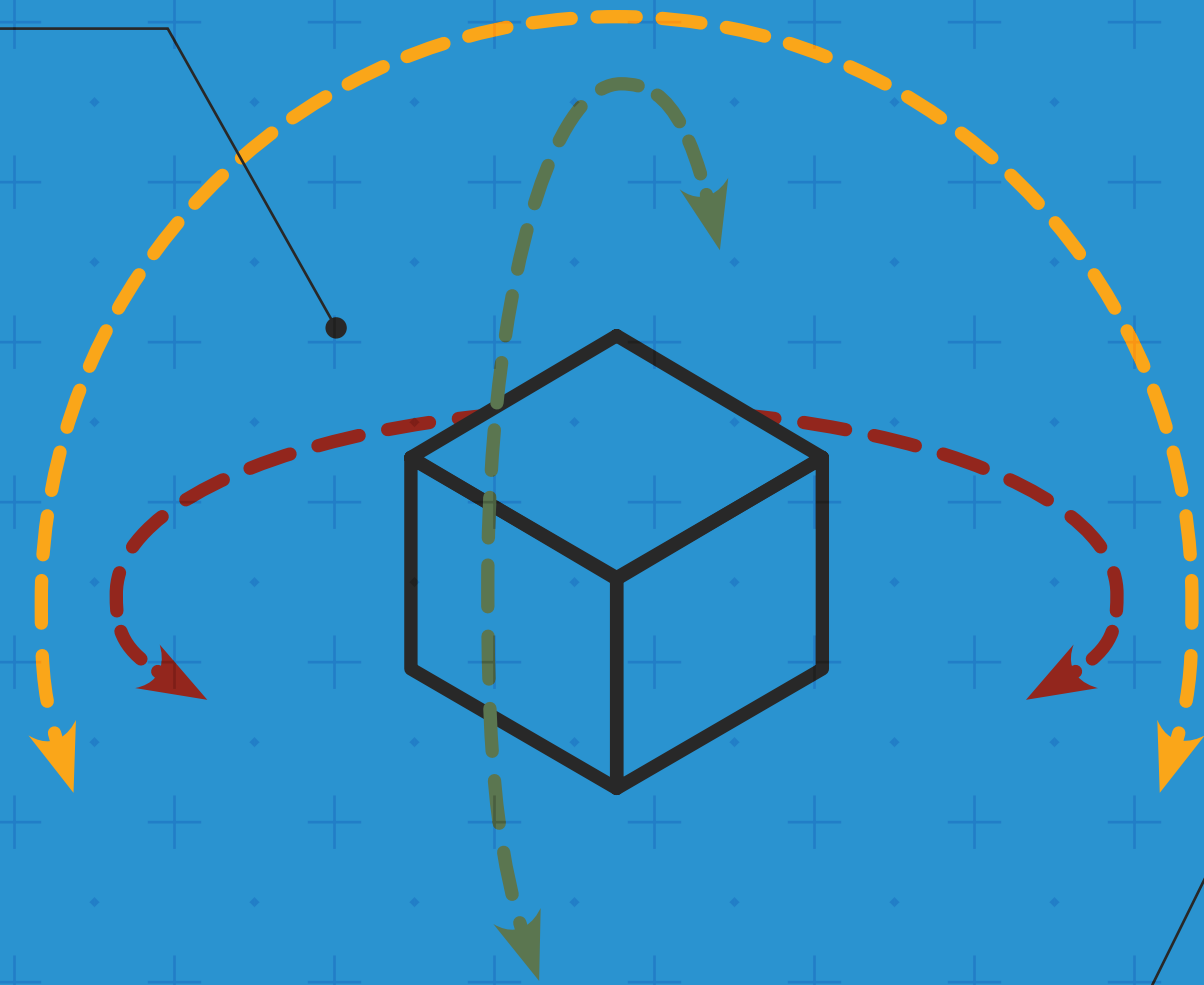


**Le tracking :** Grâce aux **capteurs**, l'utilisateur est **positionné** et **suivi** dans l'environnement virtuel.

Ces systèmes augmentent grandement le **sentiment de présence**, car l'environnement **semble indépendant** de l'utilisateur.

## Le tracking (suivi de position)

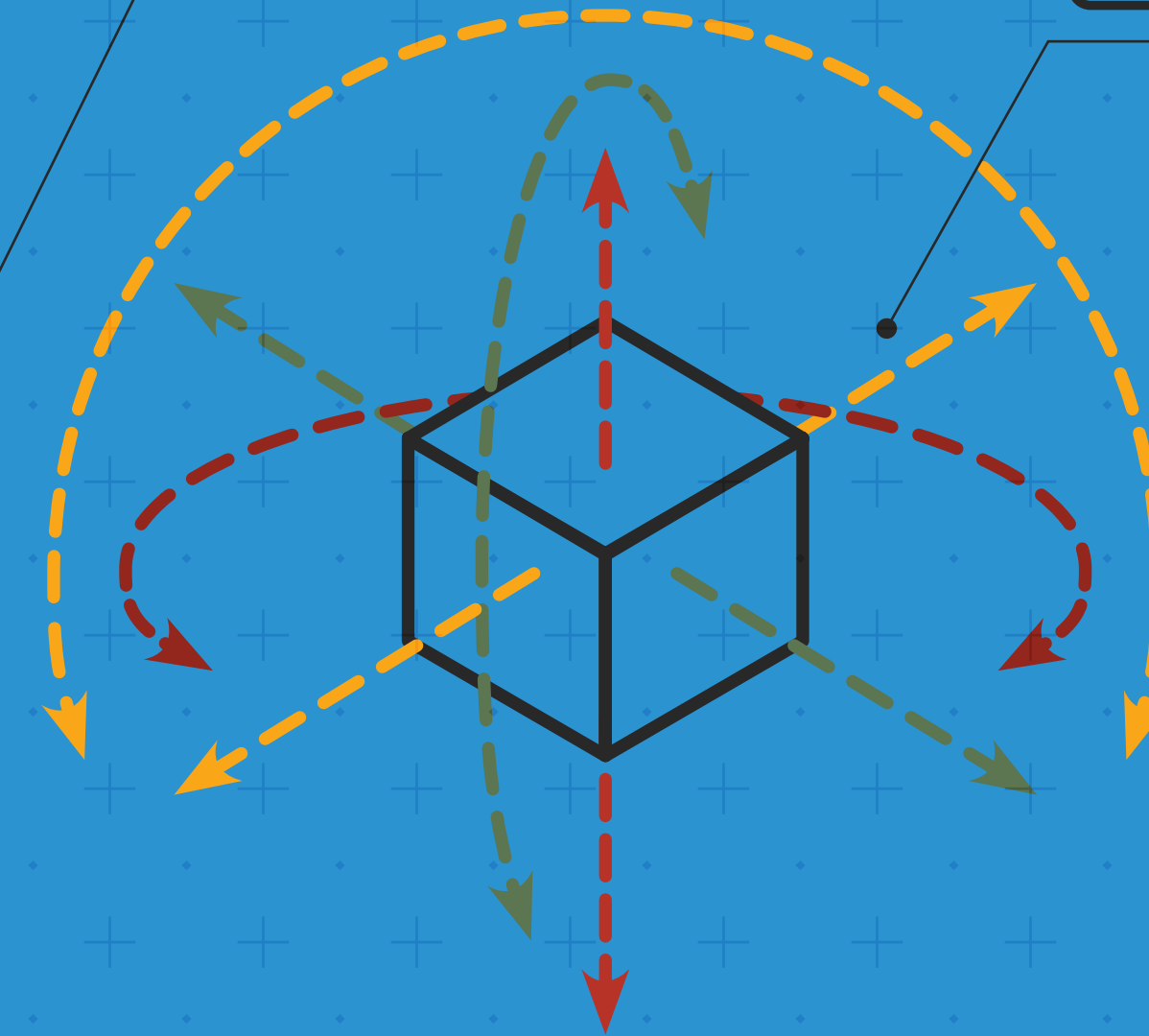
L'environnement virtuel est **enchainé** à l'utilisateur



**3 degrés de liberté**

Visiocasques pour smartphones

L'environnement virtuel est **indépendant** de l'utilisateur



**6 degrés de liberté**

« Vrais » visiocasques



La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?



⊕ Équations différentielles

Le tracking (suivi de position)

Toutes les technologies de suivi reposent sur l'utilisation de **gyroscopes** et d'**accéléromètres**.

• Accélération → Vitesse → Distance

⚠ Une dérive « **vers l'infini et au-delà !** »

La réalité virtuelle, comment cela fonctionne-t-il ?

Création de **systèmes optiques** de **correction de la dérive** !

## Les constellations (technologie Oculus Rift)

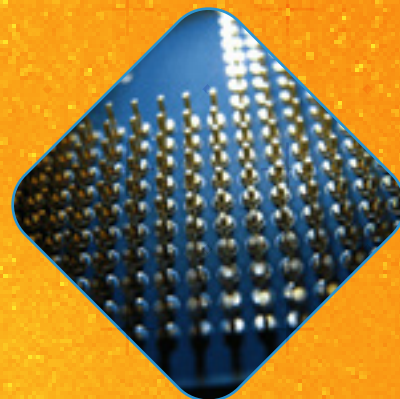
- **Constellation de LED IR** sur le visiocasque ;
- caméra avec **filtres IR** ;
- recoupement des données de positions et des **données issues des gyroscopes**.



- Coût d'intégration **faible** ;
- suivi de position de **très bonne qualité** ;
- fonctionne dans la plupart des conditions.



- Tous les équipements **doivent être connectés** en USB à l'ordinateur ;
- **problème de bande passante USB** sur un gros nombre de cartes mères.





## Les « lighthouses » (technologie SteamVR)

- « Lighthouses » émettant des **lasers IR sur de grands angles**.



- Périphériques équipés de **capteurs IR** et d'un processeur calculant le **temps entre chaque flash laser** émis par les différentes « lighthouses ».



- Volume, possibilité d'utiliser jusqu'à **16 « lighthouses »** simultanément ;



- suivi de position de **très bonne qualité** ;

- **Pas de connexion** à l'ordinateur (lighthouses).

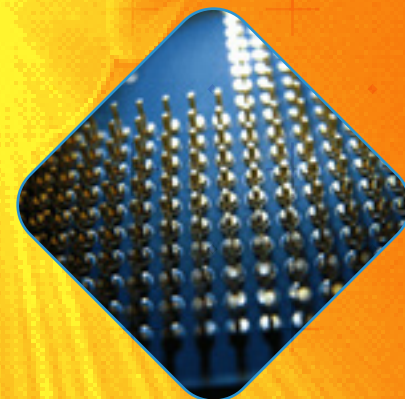


- Système le plus coûteux ;



- La présence de moteurs demande une **bonne fixation** (murale) afin d'éviter les vibrations ;

- Les surfaces réfléchissantes causent des **glitches**.



## Suivi de position vidéo (inside-out)

- Au moins **deux caméras** sur le visiocasque pour capturer l'environnement en **stéréoscopie** ;

- utilisation d'algorithme de **reconnaissance d'image**, « Simultaneous Location And Mapping » (SLAM).

- **Aucune connexion externe** requise ;

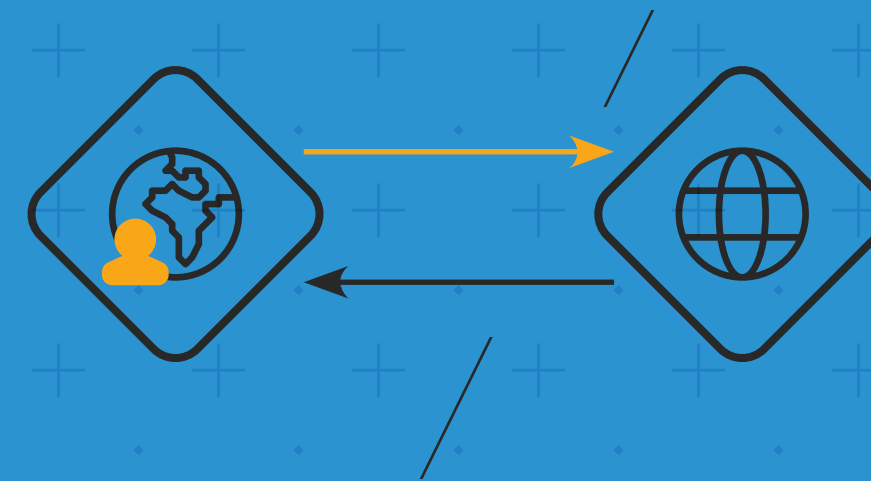
- **Très peu coûteux** ;

- Ne **fonctionne pas ou mal** dans un **environnement sombre** ;

- Si les contrôleurs sont **hors du champ de vision** des caméras, **ils ne sont plus suivis** (occlusion).



Réel → Virtuel : Réactions & perception



**Le temps réel** : les réactions de l'ordinateur aux actions de l'utilisateur doivent être **de l'ordre de quelques millisecondes**, sans quoi le sentiment de présence ne peut que difficilement saisir la personne immergée.



Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Les **évolutions matérielles**  
dans un **futur proche** ?

Quel rôle jouent les technologies de la réalité virtuelle ?

1973



Marcin Wichary

2017



Erik Globerson

Xeros Alto

↓ 44 ans

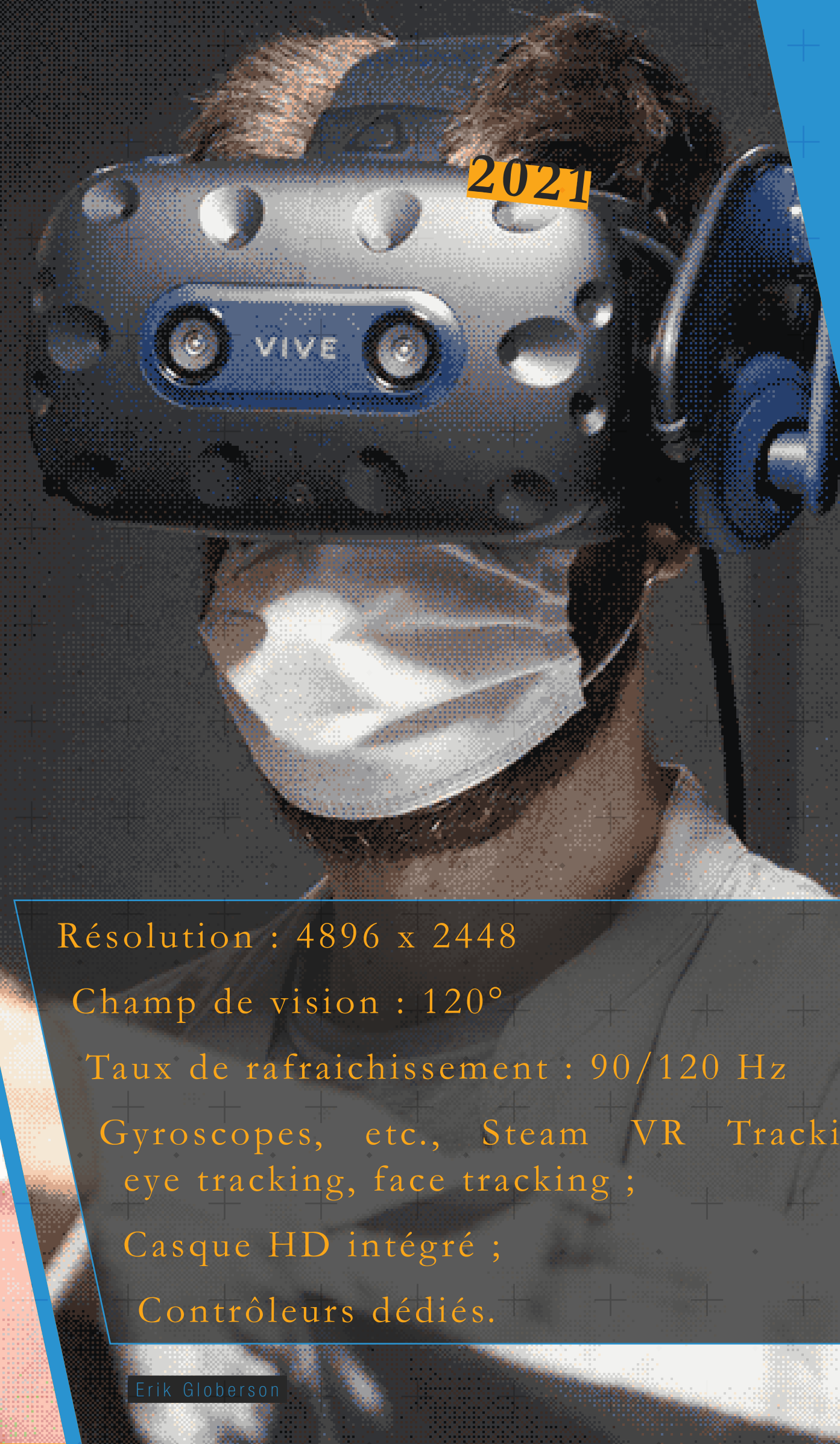
iPhone X

La technologie de la réalité virtuelle ?



Résolution : 1280 × 800  
Champ de vision : 88°  
Taux de rafraichissement : 60 Hz  
Gyroscopes, accéléromètres, magnétomètre ;  
Pas de système son intégré ;  
Pas de contrôleurs dédiés.

Sergey Galyonkin



Résolution : 4896 x 2448  
Champ de vision : 120°  
Taux de rafraichissement : 90/120 Hz  
Gyroscopes, etc., Steam VR Tracking,  
eye tracking, face tracking ;  
Casque HD intégré ;  
Contrôleurs dédiés.

Erik Globerson

Oculus DK1

↓ 8 ans

Vive Pro 2



Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Où en serons-nous en **2060** ?

Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Dans un futur **plus proche** ?

Retour sur les prévisions de 2018...



 Michael Abrash

Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Pour les visiocasques  
/ Une réduction importante  
du **poids des périphériques...**

🗨 entre 500 à 900 grammes.



Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Pour les visiocasques  
Une augmentation du champ de  
vision de **140°** à **200°**.



**120°**



**200°**

Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Pour les visiocasques

La **très haute résolution** pour tous.

(Display PORT 2.0)



**4896 x 2448 px**



**7680 x 2160 px**



**3664 x 1920 px**

Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Pour les visiocasques

Système de **suivi de l'oeil** très précis.





Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Pour les visiocasques

Gain de performance grâce au **rendu ciblé**.



Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Pour les visiocasques  
/  
Profondeur de champ **dynamique**,  
comme l'oeil humain.

Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Les interfaces sensori-motrices ?

Une utilisation prépondérante des  
**maines nues** pour l'interaction.



Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Des **avatars** et **agents** réalistes

(hors de la «uncanny valley»)



Quel futur pour les technologies de la réalité virtuelle ?

Création d'environnements virtuels  
**persistants multi-utilisateurs,**

l'Oasis fictive, ou le Azeroth bien « réel » !



Ken Fager

[remy.eynard@ensam.eu](mailto:remy.eynard@ensam.eu) - Professeur en méthodologies de conception et technologies des réalités étendues

# LES RÉALITÉS ÉTENDUES

Technologies, usages, apports & déviances