

Les outils et instruments de FizziQ

Que permettent-ils de faire ?

Sciences et Technologie /
Mesures
Tous niveaux

Matériel	Smartphone ou tablette avec l'application FizziQ
Lexique	Capteurs, accéléromètre, podomètre, GPS, gyroscope, inclinomètre, magnétomètre, boussole, théodolite, microphone, luxmètre, colorimètre

Dans ce document, vous trouverez des informations concernant les mesures réalisables à l'aide de l'application FizziQ qui exploite les différents capteurs présents dans les tablettes ou smartphones. Le niveau d'explication est plutôt adapté à des adultes souhaitant comprendre la manière dont les capteurs fonctionnent. Pour les élèves, le choix peut être de les laisser explorer les différents outils et appareils de mesure, si vous en avez le temps. Leur rapidité de prise en main d'un nouvel outil dépendra de la connaissance qu'ils ont de l'application (si FizziQ a déjà été utilisée au cours d'un autre moment de classe, par exemple).

Ce document peut vous permettre de :

- Comprendre ce que mesurent les instruments proposés par l'application FizziQ ;
- Savoir quel capteur et quel instrument de mesure utiliser pour votre activité de classe.

Remarque : des explications sont également disponibles directement dans l'application quand on ouvre un appareil de mesure, en cliquant sur  (en haut à droite de l'écran). L'application étant toujours en développement, de nouveaux appareils de mesure pourront être ajoutés. N'hésitez pas à consulter l'onglet « Informations » si un outil n'apparaît pas dans ce document.

Liens vers quelques sites utiles

- <https://www.fondation-lamap.org/fr/fizziq> : vous y trouverez les différentes ressources pédagogiques proposées en lien avec l'utilisation de l'application FizziQ, notamment des défis pour les élèves que vous pouvez adapter en fonction de vos objectifs et de vos classes.
- <https://www.fizziq.org> : vous y trouverez notamment des protocoles dont vous pouvez vous inspirer.
- <https://www.youtube.com/channel/UCa3FIR94qwb3iaohwjGzchw> : vous y trouverez des vidéos de moins de 2 minutes chacune permettant une prise en main rapide de l'application.
- <https://tinyurl.com/laphysiqueautrement-capteurs> : l'équipe La Physique Autrement de l'université Paris-Saclay propose ici six fiches qui expliquent les principes physiques de différents capteurs présents dans les smartphones.

Qu'y a-t-il dans mon smartphone ?

Pourquoi y a-t-il des capteurs ?

De nombreux capteurs sont présents dans un smartphone ou une tablette. Ils sont utilisés pour assurer le bon fonctionnement des diverses fonctionnalités de l'appareil. À titre d'exemples, voici quelques capteurs et leurs utilisations dans le smartphone :

- **Accéléromètre** : il permet de détecter lorsqu'un utilisateur passe du mode portrait au mode paysage, et plus généralement un mouvement (pour des jeux et des interactions diverses). Tous les smartphones en possèdent.
- **Gyroscope** : il intervient dans la détection d'un mouvement (pour des jeux et des interactions diverses). La grande majorité des smartphones en possède.
- **Magnétomètre** : il permet de détecter le nord (pour les systèmes de guidage GPS) et intervient dans la détection d'un mouvement (pour des jeux et des interactions diverses). Environ la moitié des smartphones en possède un.
- **Capteur de lumière** : il permet d'ajuster la luminosité de l'écran de manière automatique. Tous les smartphones en possèdent un.
- **GPS** : il est utilisé dans toutes les applications de navigation et la très grande majorité des smartphones l'ont.
- **Microphone et caméra** : ils permettent de téléphoner, prendre des photos, enregistrer des vidéos... Ils sont présents dans tous les smartphones.

Comment les utiliser en physique ?



Exemples de capteurs (en rouge) qui peuvent être présents dans un smartphone et d'instruments de mesure ou outils (en noir) que l'application FizziQ peut remplacer en accédant à ces capteurs (liste non exhaustive).

L'image ci-dessus liste certains des nombreux capteurs qui peuvent être présents dans un smartphone : chacun d'entre eux, ainsi que chacun des capteurs « virtuels » qui utilisent les données des autres capteurs (comme l'accéléromètre linéaire, l'inclinomètre, le théodolite, etc.), peut se substituer à un instrument de mesure que l'on pourrait trouver dans un laboratoire et utiliser pour faire des mesures.

L'avantage d'un smartphone et d'une application comme FizziQ est de les avoir tous rassemblés dans un objet qui tient dans la main !

Tous les instruments de mesure et les outils disponibles dans l'application FizziQ sont rassemblés dans le tableau ci-après. Attention ! Certains peuvent ne pas être accessibles dans votre smartphone ou votre tablette, en fonction des capteurs qui sont présents ou non dans l'appareil. Des informations complémentaires sont données dans la suite de ce document pour chaque capteur en **bleu**, accessibles depuis l'onglet « Mesures » dans l'application FizziQ. Ces liens sont cliquables si vous voulez accéder directement au paragraphe correspondant.

 : Outils  : Mesures  : GPS activé  : Enregistrement possible  : Calibration nécessaire

Capteur	Instruments de mesure ou outils disponibles		Que puis-je étudier ?*
Accéléromètre	 	  Accélération linéaire	Mouvements, vibrations (onde sonore, onde sismique, fréquence cardiaque...)
	 	  Accélération absolue	
	 	 Podomètre	
Inclinomètre	 	 Inclinaison horizontale	Mesures d'angle, triangulation, cartographie, astronomie...
	 	 Inclinaison verticale	
		 Angle d'élévation (aussi disponible dans le Théodolite)	
Gyroscope	 	  Rotation	Accélération centripète, vitesse de rotation...
Magnétomètre		 Azimut (disponible dans le Théodolite)	Mesures d'angle, triangulation, cartographie
	   **	 Boussole	Orientation...
	   **	 Champ magnétique	
GPS	  	  Latitude et longitude	Géographie, cartographie...
	  	 Précision	
	  	 Vitesse	
	  	 Altitude	

Microphone		 Amplitude	Caractéristiques du son, vitesse du son...	
		 Fréquence fondamentale		
		 Spectre de fréquence		
		 Niveau sonore		
		 Niveau de bruit		
Luxmètre		 Éclairément	Albédo, cellule photovoltaïque, climat et saisons...	
		 Luminance moyenne		
		 Luminance ponctuelle		
Appareil photo	Détecteur photographique (colorimètre)		 Couleur	Couleurs
			 Spectre de couleurs	
			 Intensité	
			 Absorbance	
	+ Écran tactile		Étude cinématique	Mouvements, énergie

* Liste non exhaustive

** Calibration : pour cette mesure, pensez à étalonner régulièrement dans l'onglet « Réglages »

Description des capteurs et instruments de mesure de FizziQ

Accéléromètre

L'accéléromètre mesure la variation de vitesse de l'appareil dans le référentiel terrestre selon les trois axes (X, Y et Z) lorsqu'on le déplace (c'est-à-dire qu'il est soumis à des forces). L'accélération est mesurée en m/s^2 . Quand le mobile est agité suivant une direction, la valeur de la mesure augmente ou diminue selon l'axe de la trajectoire. On remarque que même au repos, l'accéléromètre mesure une accélération de $9,8 m/s^2$ dans la direction du smartphone (verticale) : c'est parce que l'accéléromètre mesure en réalité l'accélération du smartphone et celle de la gravité, du fait de son mécanisme.

Pour comprendre comment fonctionne un accéléromètre, vous pouvez consulter la fiche de l'équipe La Physique Autrement (<https://tinyurl.com/laphysiqueautrement-capteurs>).

Précision

L'accéléromètre du smartphone est très précis. La précision des mesures est inférieure à $0,01 m/s^2$ et la fréquence de mise à jour des données est supérieure à 100 hertz, c'est-à-dire que 100 données sont acquises par seconde.

Accélération absolue

La mesure « Accélération absolue » permet d'avoir accès aux données brutes de l'accéléromètre : l'accélération du smartphone et l'accélération de la gravité.

Si le smartphone est immobile, l'accélération absolue affiche une valeur non nulle qui correspond à une accélération verticale d'environ $9,8 m/s^2$: cela correspond à l'accélération de pesanteur liée à l'attraction gravitationnelle de la Terre.

Autrement dit, pour le maintenir immobile dans sa main et contrer la pesanteur, un utilisateur doit exercer sur son smartphone une force verticale qui s'oppose à la gravité.

En revanche, quand le smartphone est en chute libre, la valeur affichée lors de la mesure « Accélération absolue » est nulle : l'accélération du smartphone et celle de la gravité se compensent.



Forces qui s'exercent sur le smartphone selon ses trois axes X, Y et Z.

Pour comprendre cette mesure avec les élèves (niveau lycée), il peut être intéressant d'utiliser l'écran Duo (dans les outils )

Accélération linéaire

L'accélération linéaire est en fait le résultat combiné d'au moins deux capteurs : l'accéléromètre (avec l'accélération de la pesanteur g) et le [magnétomètre](#) (et parfois le [gyroscope](#)). Les mesures des différents capteurs sont utilisées pour soustraire mathématiquement l'accélération de la gravité aux mesures de l'accéléromètre et obtenir ainsi l'accélération réelle du smartphone. L'accélération linéaire est donc un « capteur virtuel » qui mesure l'accélération effective où l'accélération (au sens de la variation de la vitesse) est corrigée de la gravité.

La valeur affichée correspond donc uniquement à l'accélération du smartphone, sans la gravitation, comme s'il était en apesanteur. C'est pourquoi lorsque le smartphone est immobile, la valeur de l'accélération linéaire est nulle (suivant tous les axes).

Quand le smartphone est en chute libre, en revanche, l'accélération linéaire est de $9,8 \text{ m/s}^2$.

Remarque : Attention, il faut garder en tête que la valeur affichée par ce « capteur virtuel » dépend de la qualité des algorithmes de calcul utilisés et que des artefacts de calcul peuvent apparaître.

Pour en savoir plus sur la différence entre l'accélération linéaire et l'accélération absolue, vous pouvez consulter les billets qui traitent de ce sujet sur le blog de FizziQ :

- <https://www.fizziq.org/post/copie-de-why-is-acceleration-equal-to-9-8-m-s>,
- <https://www.fizziq.org/post/quelle-est-la-diff%C3%A9rence-entre-acc%C3%A9l%C3%A9ration-lin%C3%A9aire-et-acc%C3%A9l%C3%A9ration-absolue>.

Podomètre

Le podomètre est un instrument qui mesure le nombre de pas parcourus. Ce calcul est fait grâce aux données de l'accéléromètre, qui indique quand les mouvements semblent être suffisamment réguliers

pour considérer que l'on est en train de marcher. En analysant les changements d'accélération du smartphone, le podomètre est capable d'identifier les pas.

Remarque : le podomètre se met en route uniquement quand il détecte une régularité dans le mouvement (de marche). Pour cette raison, il faut avoir marché au moins sept pas avant pour qu'il ne commence à compter.

Précision

La précision de cet instrument dépend de la longueur du parcours, mais elle est habituellement d'un pas pour une centaine de pas.

Inclinomètre

L'un des plus anciens outils de mesure utilisés par les premiers architectes est le fil à plomb. Cet instrument permettait notamment de savoir si un mur était bien vertical. L'inclinomètre du smartphone a une fonction similaire et permet de calculer l'angle du smartphone par rapport à un plan, grâce aux données de l'accéléromètre (et parfois du gyroscope).

Précision

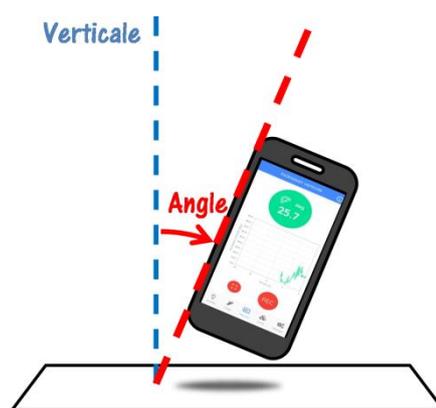
La précision de cet instrument est de 0,1 degré et la fréquence de mise à jour est la même que celle de l'accéléromètre, c'est-à-dire inférieure à 10 millisecondes. Pour une mesure optimale, le smartphone doit être bien immobile pendant cette mesure.

Inclinaison horizontale

La mesure est l'angle en degrés entre la face du smartphone et un plan horizontal. Autrement dit, c'est l'angle entre la ligne qui passe par le côté le plus long de l'appareil et un plan horizontal (voir aussi la mesure de l'angle d'élévation dans le Théodolite).

Inclinaison verticale

La mesure est l'angle en degrés entre la ligne qui passe par le côté le plus long de l'appareil et la verticale.



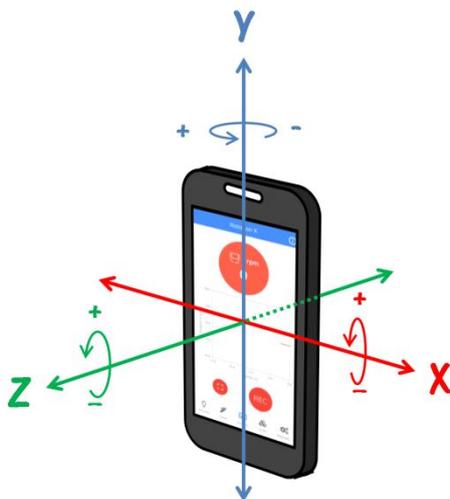
À gauche, mesure de l'inclinaison horizontale. À droite, mesure de l'inclinaison verticale.

Gyroscope

Un gyroscope est un instrument qui mesure l'orientation d'un objet dans l'espace. Les gyroscopes sont essentiels pour la navigation des avions ou des satellites, et leur permet de détecter s'ils pointent vers

le haut, le bas ou le côté. Cet outil mesure à la fois l'orientation du smartphone et la vitesse à laquelle il tourne dans un sens ou dans l'autre. Ainsi, si on fixe le smartphone dans un cylindre, on pourra détecter – avec ce capteur – si le mobile roule et à quelle vitesse !

La vitesse de rotation se mesure en RPM (rotation per minute, en anglais), qui correspond au nombre de tours par minute.



La rotation peut être mesurée par rapport aux trois axes du smartphone (X, Y et Z).

Habituellement, un gyroscope est constitué d'une roue ou d'un disque qui tourne autour d'un autre disque ou d'un axe. Mais, dans les smartphones, le capteur, improprement nommé gyroscope, est en fait ce qu'on appelle un microsystème électromécanique inertiel. Il ne va pas mesurer la direction, mais une vitesse de rotation (en tour par minute, ou degré par seconde). Une petite masse est mise en mouvement de va-et-vient rectiligne et on mesure la déviation latérale de ce mouvement due à la force de Coriolis qui apparaît lors d'une rotation. À partir de cette déviation, on peut déduire la vitesse de rotation.

Pour en savoir plus sur ce à quoi ressemble le gyroscope du smartphone et comment il fonctionne, vous pouvez consulter la fiche de l'équipe La Physique Autrement consacrée à ce capteur (<https://tinyurl.com/laphysiqueautrement-capteurs>).

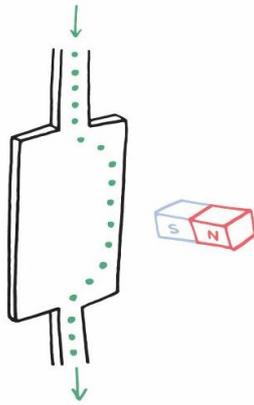
Précision

La précision est d'environ 0,1 RPM, soit environ 0,6°/seconde.

Magnétomètre

Le magnétomètre mesure le champ magnétique global auquel est soumis le smartphone. La mesure est exprimée en microtesla, noté μT . Le magnétomètre des smartphones est très sensible aux courants électriques et aux objets métalliques. Il détecte également le champ magnétique terrestre, qui varie entre 20 et 80 μT selon les endroits.

Son principe repose sur un phénomène connu sous le nom d'« effet Hall » : quand un courant électrique traverse un matériau en présence d'un champ magnétique, une tension électrique latérale apparaît, qui est d'autant plus grande que le champ magnétique est important.



**Principe de l'effet Hall sur un magnétomètre : le courant électrique, en vert, est dévié par l'aimant.
Extrait du projet de La Physique autrement.**

Pour en savoir plus, vous pouvez consulter la fiche de l'équipe La Physique Autrement consacrée à ce capteur (<https://tinyurl.com/laphysiqueautrement-capteurs>).

Précision

La sensibilité des magnétomètres que contiennent les smartphones est en général inférieure à $0,2 \mu\text{T}$. La fréquence de mise à jour des données est la plupart du temps supérieure à 50 hertz, soit 50 données par seconde. Ce capteur est tellement sensible qu'il mesure le champ magnétique créé par les courants électriques parcourant le smartphone et doit être régulièrement calibré s'il faut faire des mesures précises

Boussole

La boussole affiche l'angle du smartphone avec le nord magnétique. Cet angle est calculé à partir des différentes données du magnétomètre.

Précision

La précision des données est inférieure à $0,1$ degré et la fréquence de mise à jour des données est en général supérieure à 10 hertz, soit 10 données par seconde.

Théodolite

Un théodolite est un instrument d'optique mesurant des angles dans le plan horizontal et vertical. Il est utilisé pour réaliser les mesures d'une triangulation, c'est-à-dire des angles d'un triangle, et ce, dans plusieurs domaines :

- en astronomie, il sert à déterminer l'azimut par rapport au pôle céleste ou la hauteur apparente d'un corps céleste par rapport à l'horizon ;
- en géodésie, il sert à déterminer les angles formés par trois sommets de montagne, par exemple ;
- en archéologie, il est utilisé pour mesurer des points spécifiques du relief afin d'aider à la reconstitution du site en 3D...

Les deux instruments de FizziQ (Angle d'élévation et Azimut) qui utilisent les données de [l'accéléromètre](#), de [l'inclinomètre](#) et du [magnétomètre](#) permettent de réaliser ces mesures d'angle.

Angle d'élévation

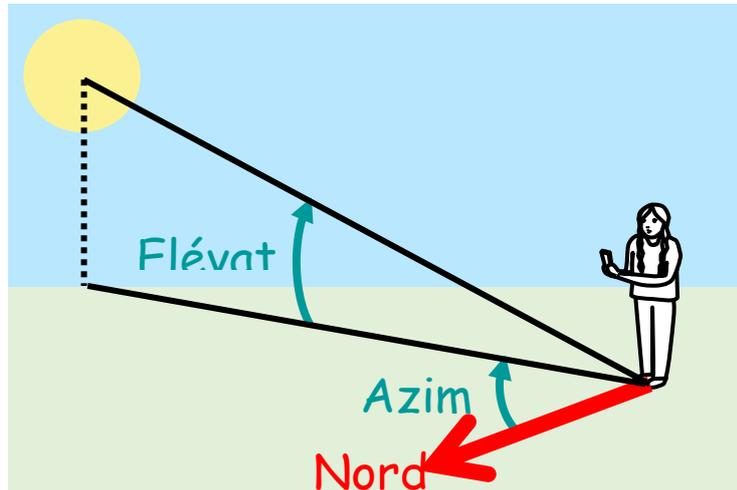
C'est l'angle dans le plan vertical entre la direction d'un objet et l'horizontale. Il est exprimé en degrés.

L'angle d'élévation permet de faire des calculs de hauteur et est utilisé notamment en astronomie pour localiser des objets célestes.

Azimut

L'azimut est l'angle dans le plan horizontal entre la direction d'un objet et une direction de référence qui, dans FizziQ, est le nord magnétique. Il est exprimé en degrés.

L'azimut permet de faire des calculs de triangulation ou de pointage.



Différence entre la mesure de l'azimut et celle de l'angle d'élévation.

GPS

Le GPS permet de calculer la position d'un smartphone sur Terre, un point sur la surface de la Terre étant caractérisé par sa latitude et sa longitude. Le système GPS fonctionne en recevant les informations de satellites qui tournent autour de la Terre. Pour que la précision soit optimale, il faut que le GPS reçoive les informations d'au moins quatre satellites.

Précision

La précision du GPS pour la position est habituellement d'une dizaine de mètres. La mise à jour des données se fait toutes les secondes, quand le smartphone détecte un nombre suffisant de satellites.

L'outil « Précision » permet d'afficher la précision de la mesure du GPS : la valeur affichée donne une mesure de la marge d'erreur du GPS en mètres. Une précision de 10 mètres indique que la position du smartphone est précise à 10 mètres près.

Remarque : le signal GPS traverse difficilement les obstacles comme les murs ou les arbres. Pour améliorer la précision des mesures, il faut donc être en terrain dégagé, sans obstacle entre le smartphone et le ciel.

Latitude et longitude

La latitude est l'angle formé entre la verticale d'un lieu et le plan de l'équateur. Elle a une valeur comprise entre + 90 degrés vers le pôle Nord et - 90 degrés vers le pôle Sud.

La longitude est la valeur angulaire de la position est-ouest d'un point par rapport à la longitude de référence sur Terre, à savoir le méridien de Greenwich.

FizziQ exprime l'une comme l'autre en millidegrés (1 millidegré = 0,001 degré).

Altitude

Le système GPS est également capable de donner l'altitude au-dessus du niveau de la mer à laquelle le smartphone se trouve. La précision est en général de quelques mètres.

Vitesse

En analysant les changements de la position donnée par le GPS, FizziQ en déduit la vitesse du smartphone. La précision de cet instrument pour la mesure de la vitesse est en général inférieure à 1 m/s.

Microphone

Pour en savoir plus sur le fonctionnement de ce capteur, vous pouvez consulter la fiche correspondante réalisée par l'équipe La Physique Autrement (<https://tinyurl.com/laphysiqueautrement-capteurs>).

Sonomètre (Microphone - Niveau sonore)

Le sonomètre mesure le volume sonore capté par le microphone. Il est exprimé en décibels ou dB. L'échelle des décibels est logarithmique : une source de 40 dB est 100 fois plus intense qu'une source de 20 dB.

L'échelle s'étend traditionnellement de 0 dB (pour le son le plus discret que l'oreille d'un être humain puisse percevoir) à 140 dB (pour des sons douloureux pour l'oreille humaine). À titre indicatif, une conversation ordinaire atteint environ 60 dB et le son d'un mixeur est souvent de 90 dB.

À noter qu'une exposition continue à des sons de plus de 90 dB peut entraîner une perte d'audition.

Précision

La fréquence de mise à jour des données est supérieure à 250 hertz, c'est-à-dire 250 mesures par seconde.

Les smartphones ont des microphones plus ou moins sensibles : la mesure du volume va donc varier de l'un à l'autre. L'application calibre l'appareil pour que le son le plus fort enregistré sur une période de temps soit de 90 dB et le moins fort de 20 dB. Il s'agit donc davantage d'une mesure de la puissance relative du son plutôt que d'une mesure absolue.

Niveau de bruit

Pour mesurer les bruits, FizziQ propose l'instrument « Niveau de bruit », qui mesure l'intensité sonore moyenne captée par le microphone, exprimée en décibels (dB).

La fréquence de mise à jour des données est alors beaucoup plus lente que celle de la mesure de l'intensité sonore, à savoir deux mesures par seconde. Pour des mesures qui nécessitent de capturer les données à haute fréquence (comme le calcul de la vitesse du son, par exemple), il est préférable d'utiliser la mesure du niveau sonore.

Oscillogramme sonore (Microphone - Amplitude)

Un oscillogramme donne une représentation temporelle d'un signal en mesurant les variations de l'intensité (ou amplitude) du son dans le temps. L'amplitude est exprimée en pourcentage de l'amplitude maximum qu'est capable de détecter le microphone.

Des signaux périodiques et non périodiques peuvent être représentés par un oscillogramme, mais seuls ceux qui présentent une périodicité auront une représentation stable dans le temps. Pour créer

l'oscillogramme, FizziQ enregistre le signal sur de petits intervalles de temps, puis synchronise ces enregistrements de façon à démarrer la séquence toujours au même endroit (par exemple, en faisant débiter la séquence quand le maximum est atteint).

Précision

L'échelle de temps de l'oscillogramme est de 10 millisecondes.

Fréquencemètre (Microphone- Fréquence fondamentale)

La fréquence d'un signal correspond au nombre de répétitions par seconde du motif élémentaire qui le compose. Elle est exprimée en hertz, noté Hz.

Un son est en général composé de plusieurs fréquences. FizziQ donne la fréquence fondamentale du signal périodique pour des fréquences comprises entre 50 et 5 000 Hz environ : il s'agit de la fréquence la plus basse, aussi appelée « harmonique de premier rang ». Les harmoniques d'un son ont alors des fréquences qui sont des multiples entiers de cette première harmonique (c'est-à-dire $2 \times f_0$, $3 \times f_0$... où f_0 est la fréquence fondamentale).

Pour calculer cette fréquence, le fréquencemètre enregistre le son du microphone sur de petits intervalles de temps. Puis en utilisant un processus mathématique appelé « autocorrélation », qui permet de déterminer le décalage minimal qui doit être appliqué au signal pour le reproduire, ce qui donne directement la fréquence du signal périodique.

Précision

Entre 50 et 5 000 Hz, la précision de la fréquence mesurée est très bonne (de l'ordre de l'unité). Au-delà, elle n'est pas exploitable, du fait de la fréquence d'échantillonnage des mesures.

Spectre de fréquence

Contrairement au fréquencemètre, qui ne donne que la fréquence fondamentale, le spectre sonore détaille l'ensemble des fréquences qui le compose. Cet outil permet ainsi de décrire précisément les caractéristiques d'un son : plus le nombre de fréquences qui composent la note est important, plus le son est dit « riche ».

Pour calculer ce spectre, le fréquencemètre enregistre le son du microphone sur de petits intervalles de temps, puis utilise un processus mathématique appelé « transformée de Fourier » pour déterminer les fréquences de tous les sons purs et le niveau sonore de ces derniers.

Remarque : les fréquences sont exprimées en hertz, noté Hz. L'amplitude est exprimée en pourcentage de l'amplitude maximum qu'est capable de détecter le microphone.

Précision

Les données sont actualisées toutes les 0,5 seconde.

Les fréquences affichées sont limitées entre 50 et 5 500 Hz, du fait de la fréquence d'échantillonnage des mesures avec un affichage de type histogramme de largeur 20 Hz.

Luxmètre

Le luxmètre convertit le signal lumineux en un signal électrique qui est ensuite amplifié et permet de lire l'intensité lumineuse arrivant sur le capteur. Pour en savoir plus sur le fonctionnement de ce capteur, vous pouvez consulter la fiche correspondante réalisée par l'équipe La Physique Autrement (<https://tinyurl.com/laphysiqueautrement-capteurs>).

Éclairage

Le capteur de lumière ambiante mesure l'éclairage sur une surface, c'est-à-dire la quantité de lumière qui éclaire une surface donnée. La mesure s'exprime en lux. Un lux est l'éclairage d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux d'un lumen par mètre carré.

À noter que la valeur de l'éclairage varie en fonction de la distance entre l'émetteur de lumière et la surface : le flux lumineux d'une ampoule sera toujours constant, mais l'éclairage sera d'autant plus grand qu'elle sera proche de la surface sur laquelle la lumière est incidente.

Remarque : le lux est une unité généralement peu connue. Lorsque nous achetons des ampoules, nous regardons le plus souvent le nombre de watts et le nombre de lumens (la « brillance », ou la luminosité, qui dépend du flux lumineux).

Voici quelques valeurs, à titre indicatif : la pleine Lune génère environ 1 lux, une lampe de salon environ 50 lux, l'éclairage d'une salle de classe, tout comme le lever ou le coucher du Soleil, environ 400 lux... La lumière indirecte du jour correspond, elle, à plus de 10 000 lux, tandis que la lumière directe du Soleil génère plus de 30 000 lux !

Précision

La fréquence de mise à jour des données dépend des capteurs de l'appareil et est en général supérieure à 10 hertz, soit 10 données par seconde.

Luminance

La luminance est une grandeur proportionnelle à l'intensité lumineuse qui mesure la lumière atteignant nos yeux depuis une surface : c'est le ressenti visuel de l'intensité lumineuse.

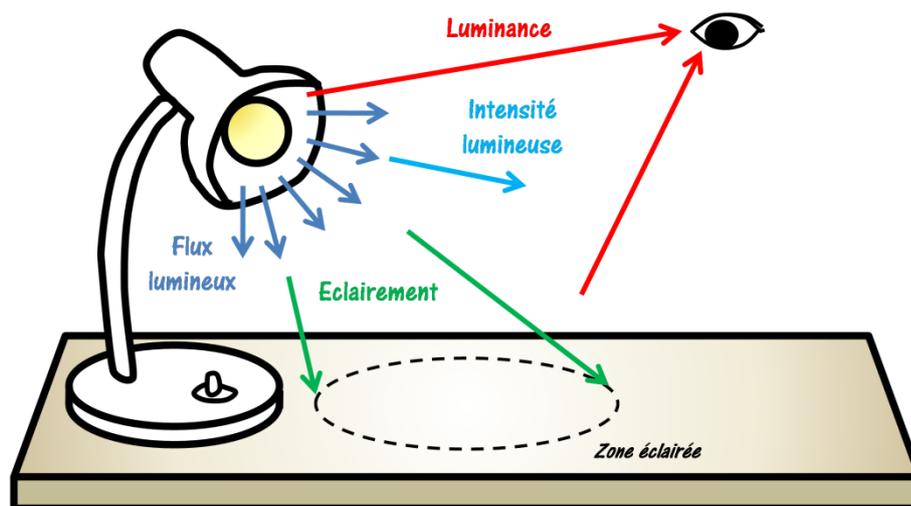
La caméra d'un smartphone permet de calculer la luminance du flux lumineux qui est réfléchi par les objets dans son champ. Dans FizziQ, la luminance est calculée comme la moyenne des composantes rouge, verte et bleue détectées par la caméra du smartphone sur l'ensemble de l'image, et rapportée à la valeur de calibration. Elle s'exprime en pourcentage de la valeur de référence.

La luminance moyenne est calculée à partir de tous les pixels de l'image capturée par la caméra.

Remarque : attention ! Les smartphones ajustent constamment leurs capteurs de luminosité pour que l'image soit la meilleure possible. C'est pourquoi il est nécessaire de calibrer l'instrument : cela permet de fixer les paramètres d'acquisition de l'image, et donc de pouvoir comparer les luminances observées par rapport à la luminance initiale.

Quelle est la différence entre intensité lumineuse, éclairage et luminance ?

Lorsque l'on s'intéresse aux mesures liées à la lumière, plusieurs grandeurs photométriques entrent en jeu : intensité lumineuse, flux lumineux, éclairage, luminance... Ces grandeurs peuvent faire l'objet de confusion.



Grandeur	Ce à quoi cela correspond	Unité	Variation avec la distance d'observation
Intensité lumineuse	Quantité de lumière émise par une source lumineuse dans une direction précise.	Candela (cd)	Quelle que soit la distance qui sépare la lumière émise de son observateur, la valeur de l'intensité lumineuse reste la même.
Flux lumineux	Quantité de lumière diffusée de manière globale.	Lumen (lm)	
Éclairement	Quantité de lumière reçue par la surface éclairée : c'est la mesure du flux lumineux par mètre carré.	Lux (1 lux = 1 lm/m ²)	L'éclairement varie selon la distance qui sépare la source lumineuse de la zone éclairée : lorsque la source s'approche de celle-ci, la surface éclairée diminue, donc la quantité de lumière qu'elle reçoit augmente, et inversement quand elle s'en éloigne.
Luminance	Ressenti visuel de l'intensité lumineuse : c'est l'unique grandeur photométrique que l'homme peut directement percevoir.		La distance d'observation n'a aucun impact sur la luminance, mais la surface apparente (la zone perceptible par l'observateur) peut varier en fonction de la position de celui-ci, et donc, par extension, le flux lumineux également.

Pour en savoir plus sur les deux grandeurs accessibles grâce à FizziQ (luminance et éclairement), vous pouvez consulter ce billet sur le blog de FizziQ : <https://www.fizziq.org/post/luminance-ou-%C3%A9clairement>.

Appareil photo/Colorimètre

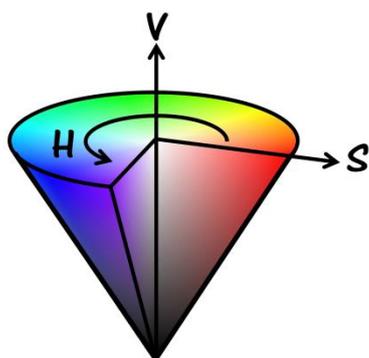
Couleur

Le colorimètre est un outil qui analyse les échantillons colorés. De façon analogue, FizziQ utilise le détecteur photographique présent dans le smartphone pour calculer différents paramètres qui caractérisent la couleur réfléchiée ou transmise par les objets analysés.

L'écran de cet instrument fournit plusieurs informations sur la couleur du centre de l'image dans le viseur :

- un échantillon de la couleur perçue par le capteur et son nom commun ;
- le spectre en pourcentage de la valeur maximale des composantes rouge, verte et bleue qui constituent cette couleur (voir ci-après) ;
- la teinte sur l'échelle HSV ;
- l'intensité de cette teinte (voir ci-après).

Remarque : le système HSV (Hue Saturation Value ou TSV en français pour Teinte Saturation Valeur) est basé sur trois valeurs :



(a) Le système de code des couleurs HSV peut être représenté par un cône.



(b) Dans les mêmes conditions ($S = V = 1$), en faisant varier la teinte de 0 à 360°, on obtient un gradient de couleurs.

- La teinte se lit sur un cercle : elle est codée par un angle entre 0 et 360°.
- La saturation se lit sur le rayon d'un cercle : elle est codée par un nombre entre 0 et 1 (ou par un pourcentage). La saturation diminue quand on s'éloigne de la périphérie vers le centre. Les fortes valeurs correspondent à des couleurs vives, les valeurs intermédiaires à des tons pastel. Aux très faibles valeurs, on n'a plus que du gris plus ou moins foncé.
- La valeur caractérise l'intensité lumineuse relative perçue d'une surface. Elle correspond à un axe vertical qui va du noir au blanc et, tout comme la saturation, elle s'exprime par un nombre entre 0 et 1 (ou par un pourcentage).

Pour en savoir plus sur le colorimètre de FizziQ, vous pouvez consulter le billet qui y est consacré sur le blog de FizziQ : <https://www.fizziq.org/post/qu-est-ce-qu-un-colorim%C3%A8tre>.

Précision

Les capteurs photographiques des smartphones ont des sensibilités différentes à certaines longueurs d'ondes et les résultats ne sont pas toujours comparables pour différents smartphones.

Spectre de couleurs

Trois couleurs monochromatiques – le rouge, le vert et le bleu – suffisent pour obtenir par addition toutes les sensations de couleur : la rétine de nos yeux est d'ailleurs composée de détecteurs (appelés « cônes ») qui ont des sensibilités particulières à chacune de ces couleurs.

Un appareil photo digital fonctionne d'une manière semblable. Sur le capteur est fixé un réseau de petits filtres de couleur rouges, verts et bleus, que l'on appelle « matrice de Bayer ». Ce réseau de filtres laisse passer les longueurs d'ondes autour de 460 nm (bleu), 550 nm (vert) et 640 nm (rouge). De cette façon, chaque couleur peut être décomposée en rouge, vert et bleu.

La contribution de chaque couleur est donnée en pourcentage de la valeur maximale (voir la remarque ci-dessus).

Calibration

Les smartphones réajustent en permanence la luminosité et les couleurs pour offrir la meilleure image. Cependant, cela peut affecter les mesures si on cherche à comparer différentes couleurs. Pour pouvoir comparer des caractéristiques colorimétriques, il faut fixer les paramètres de référence de luminosité et de couleur. Ceci est réalisé en appuyant sur le bouton de calibration . Le bouton  permet d'annuler la calibration.

Intensité

L'intensité mesure la quantité d'énergie lumineuse reflétée par un objet pour les longueurs d'ondes de la matrice de Bayer du smartphone (rouge, vert ou bleu). Elle est mesurée en pourcentage de la valeur maximale (voir la remarque ci-dessus).

Calibration

Les smartphones réajustent en permanence la luminosité et les couleurs pour offrir la meilleure image. Cependant, cela peut affecter les mesures si on cherche à comparer différentes couleurs. Pour pouvoir comparer des caractéristiques colorimétriques, il faut fixer les paramètres de référence de luminosité et de couleur. Ceci est réalisé en appuyant sur le bouton de calibration . Le bouton  permet d'annuler la calibration.

Absorbance

L'absorbance mesure la capacité d'un milieu à absorber la lumière qui le traverse. Cette mesure est utilisée en spectrométrie pour mesurer les concentrations de produits chimiques. L'absorbance est le logarithme décimal du rapport entre l'intensité lumineuse de référence et l'intensité lumineuse transmise. C'est une donnée relative sans dimension.

Calibration

L'appareil de mesure doit être calibré en utilisant le bouton , qui permettra de fixer l'intensité lumineuse de référence. Le bouton  permet d'annuler la calibration.

Précision

Un smartphone ne peut se comparer à un spectromètre de laboratoire qui permet de réaliser des mesures de haute précision, mais il offre néanmoins la possibilité de réaliser certaines expériences intéressantes sur la lumière.

Crédits

- L'illustration de la page 4 est issue du projet « Les capteurs dans un smartphone » de La Physique Autrement et a été réalisée par Anne Khazina (licence Creative Commons BY-NC-ND).
- Les illustrations des pages 2, 5, 7, 8, 13 et 14 ont été créées par Pauline Bacle pour cette ressource, en utilisant les captures d'écran issues de l'application FizziQ pour les illustrations des pages 2, 5 et 7.

Conception et rédaction

Pauline BACLE pour la Fondation *La main à la pâte*

Contributeurs

Frédéric BOUQUET, Aline CHAILLOU pour la Fondation *La main à la pâte*, Christophe CHAZOT, Ulysse DELABRE, Gabrielle ZIMMERMANN pour la Fondation *La main à la pâte*

Cette ressource a été produite avec le soutien de CGI et de la Fondation Sciences Éducation Solidarité



SCIENCES
ÉDUCATION
SOLIDARITÉ

En partenariat avec Trapeze.digital



Date de publication

Octobre 2022

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'utilisation commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org

