

Faire de la physique(-chimie)
avec un smartphone

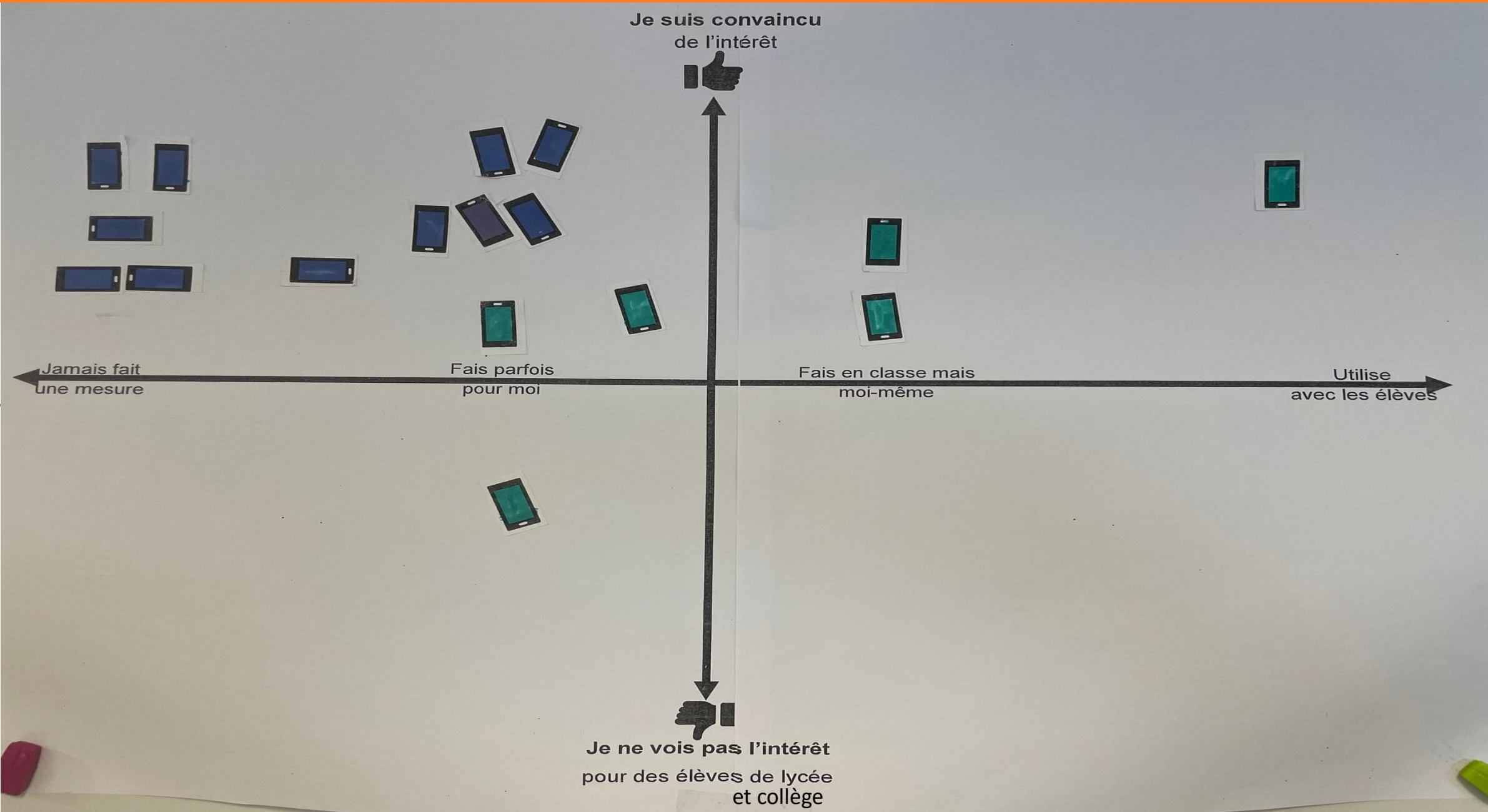
Jacques Vince

*Lycée Docteur Charles Mérieux
Enseignant associé à l'Ifé*

jvince@ac-lyon.fr

www.prof-vince.fr/smartphone

Les présentations



Smartphone et physique-chimie ?

Une question
que je me pose

Un souhait

Une difficulté
que je perçois déjà

Sommaire

- Une intro sur les contours de cette formation
- Détourner le smartphone : motivations pédagogiques et points de vigilance
- Les capteurs et l'accès aux mesures
- À vous de jouer !

Ce que n'a pas l'intention d'être cette formation...

- Une **injonction** pédagogique
- Un catalogue d'outils ou d'activités **clés-en-main**
- Un **recensement** de tous les usages et outils techniques disponibles
- Un moment de votre carrière qui va **révolutionner votre métier**

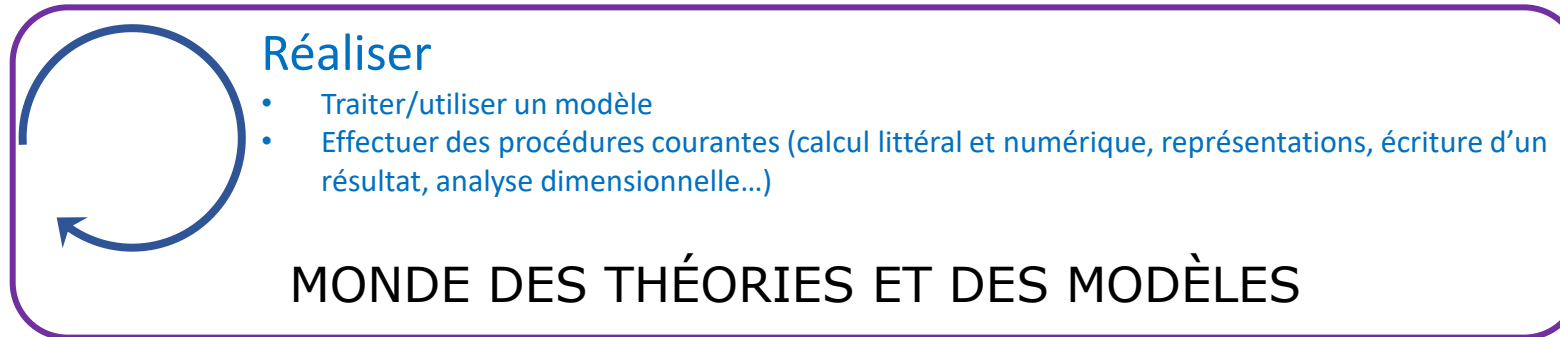
Ce qu'espère être / pourrait être cette formation...

- La découverte (?) d'un nouvel outil pédagogique (qui n'est pas pensé comme tel)
- Une **aide « technique »** pour se lancer
- Une pause réflexive au milieu de notre activité quotidienne
- Un **échange de pratiques** / d'expériences
- Une aide à la **réflexion sur la plus-value** de l'outil
- Une exploration du **champ des possibles**
- Une illustration par des **exemples**

Détourner le smartphone...
Les motivations pédagogiques
Les points de vigilance

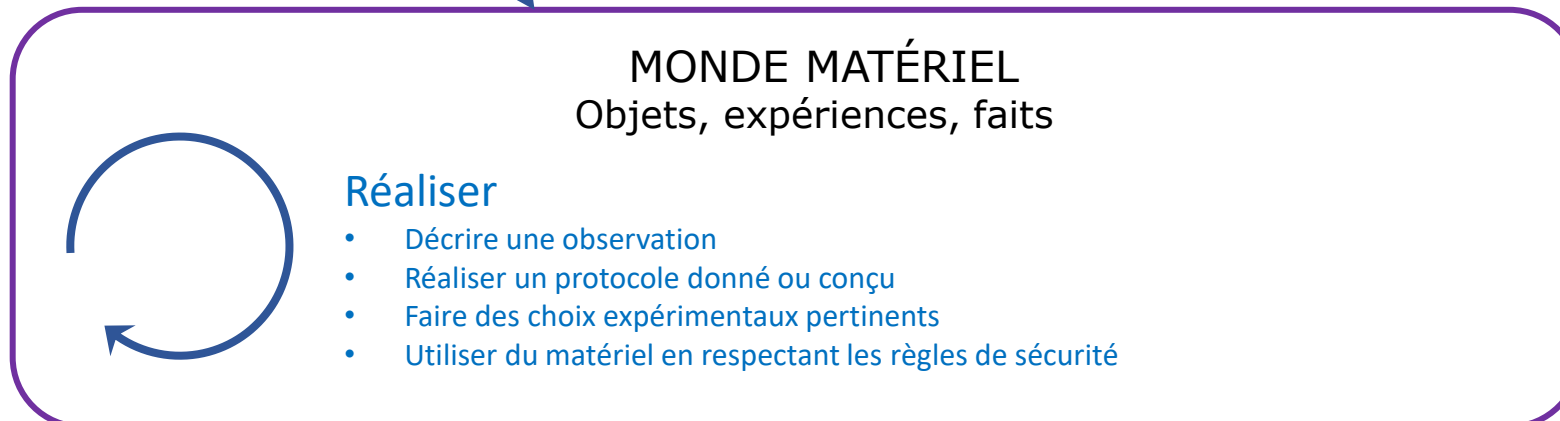


Un smartphone possède plusieurs capteurs permettant de **faire des mesures**



Réaliser

- **Faire des mesures,**
- **Acquérir et exploiter des données**



Source :
[Eduscol](https://www.eduscol.education.fr/)

Les motivations pédagogiques

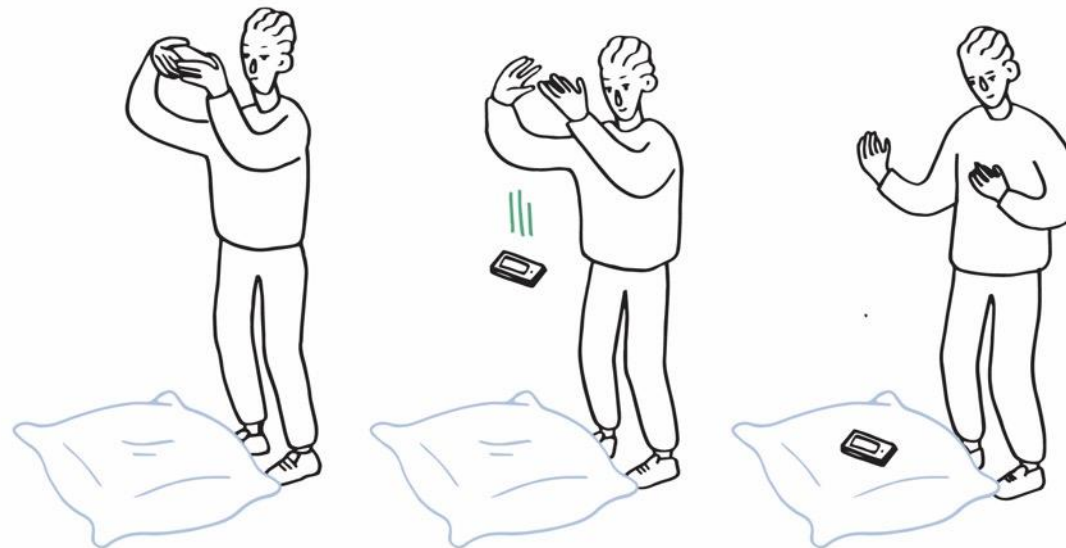
- Illustrer que les mesures sont omniprésentes et nécessaires pour que nos appareils technologiques rendent les services pour lesquels on les utilise
 - **statut de la mesure**
- Illustrer qu'on n'est pas obligé d'être dans un labo ou « une salle de TP » pour faire des mesures
 - s'appuyer sur une **large disponibilité**
- Illustrer la possibilité de la mesure partout tout le temps, éventuellement de manière ludique
 - induire de la porosité entre physique et vie quotidienne

Les motivations pédagogiques

- Permet de prolonger les expériences à la maison
- Suscite l'inventivité et l'autonomie
- Un outil adapté pour la pédagogie de projets

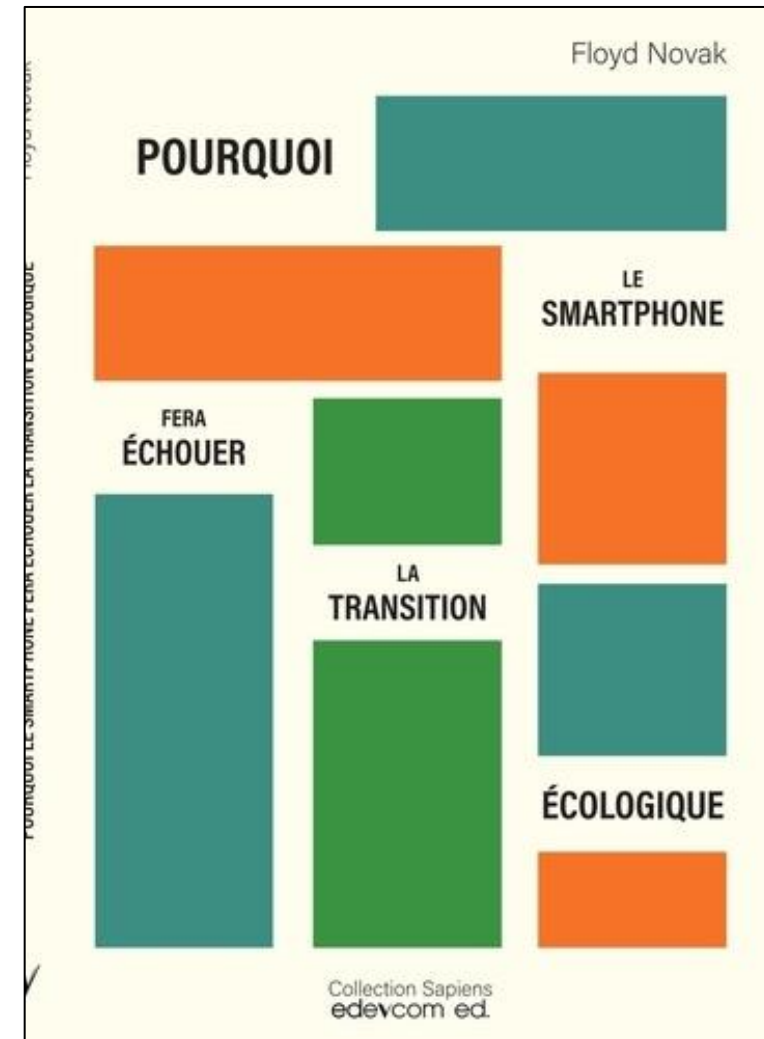
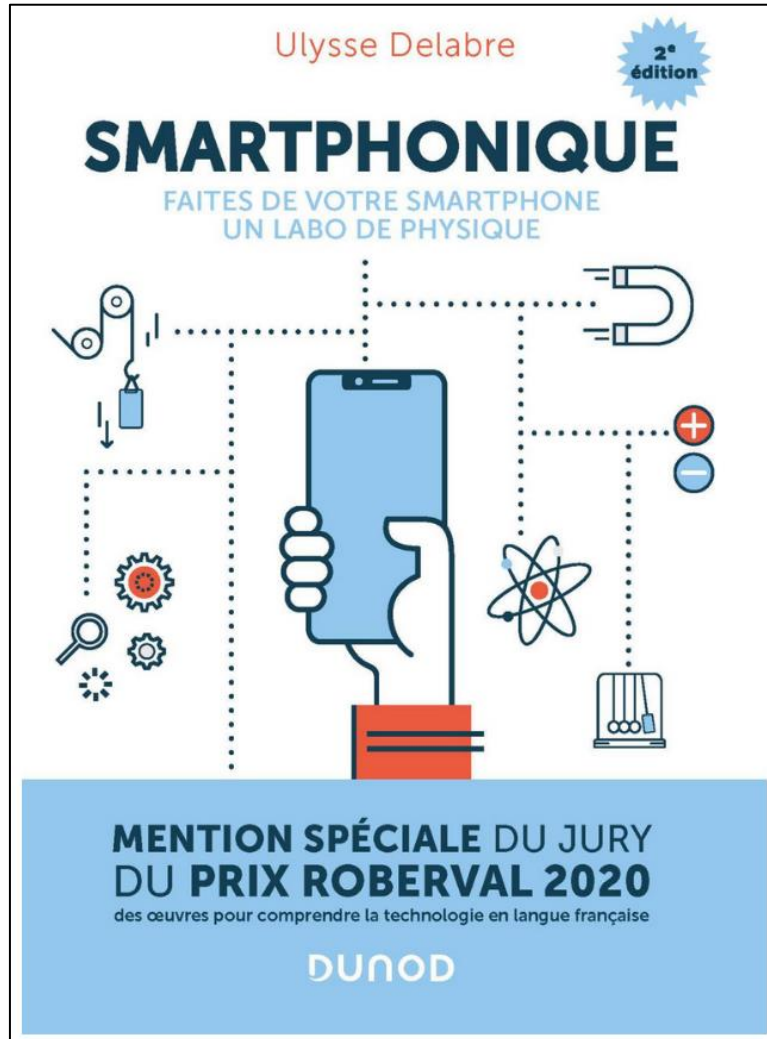
Les points de vigilance

- Gérer un objet personnel, qu'on a tendance à bannir de la classe... *en cours d'évolution (le collègue, un point dur)*
- S'assurer que l'usage n'est pas source de discriminations
- Surmonter les écueils techniques (en particulier pour l'exploitation des données)
- Assurer la sécurité du smartphone, objet personnel



Les points de vigilance

- L'omniprésence du smartphone, une bonne idée ?

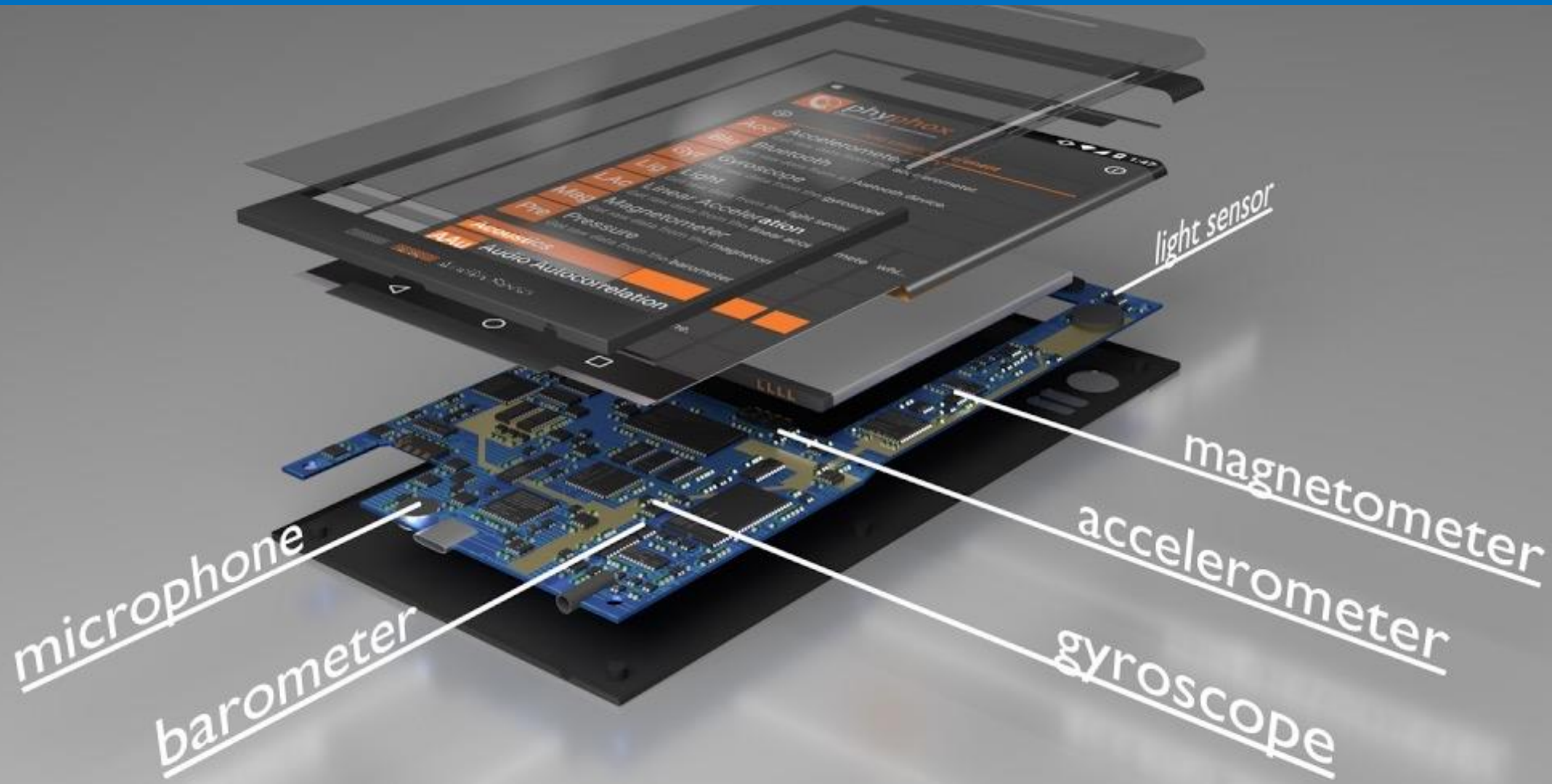


- Le smartphone ne va pas remplacer tout le matériel expérimental de nos classes
- Son usage restera mesuré et souvent, il ne suffit pas seul (en particulier pour le traitement des mesures)
- **Une question systématique : quelle plus-value ?**

Le smartphone, ses capteurs et l'accès aux mesures



Le smartphone, ses capteurs, les mesures...



Le smartphone, ses capteurs, les mesures...

- Des capteurs variés de grande sensibilité



Le smartphone, ses capteurs, les mesures...

- Des principes de fonctionnement accessibles aux élèves (exemple, par l'équipe de *La Physique autrement*)

CAPTEUR DE LUMIÈRE
Le capteur de lumière permet au smartphone d'ajuster la luminosité de l'écran. Pour le physicien, il permet de mesurer une puissance lumineuse.
Le capteur de lumière fonctionne sur le même principe que les panneaux photovoltaïques : quand la lumière (des photons) arrive sur le capteur, elle est absorbée et déclenche le mouvement d'électrons, ce qui crée un courant électrique. Plus il y a de lumière, plus le courant est fort.
En mesurant ce courant, on mesure l'intensité lumineuse qui arrive sur le capteur.

BAROMÈTRE
Le baromètre permet au smartphone d'améliorer la mesure de l'altitude du GPS. Pour le physicien, il permet de mesurer une pression.
Le baromètre est une petite boîte étanche fermée par une membrane souple. La pression atmosphérique agitée et déformée cette membrane. Plus la pression de l'air est élevée, plus la membrane sera déformée.
En mesurant cette déformation, on mesure la pression atmosphérique.

ACCÉLÉROMÈTRE
L'accéléromètre permet au smartphone de basculer entre l'affichage en mode portrait ou paysage. Pour le physicien, il permet de mesurer une inclinaison ou l'accélération.
L'accéléromètre est constitué d'une plateforme suspendue au sein du smartphone. Quand le smartphone est agité, la plateforme suit le mouvement avec un peu de retard à cause de son inertia massique. En mesurant ce retard, on mesure l'accélération du mouvement.
Il y a trois directions possibles dans l'espace, donc trois accéléromètres.
L'accéléromètre subit aussi l'effet de la gravité : quand le smartphone est immobile, l'accéléromètre mesure 9,8 m/s² le long de l'axe vertical.

GYROSCOPE
Le gyroscope permet au smartphone de réagir au mouvement. Pour le physicien, il permet de mesurer une vitesse de rotation.
Le gyroscope est constitué d'une plateforme métallique qui fait en permanence un mouvement d'aller-retour grâce à un petit moueur. Une partie de cette plateforme est suspendue.
Quand le smartphone est tourné, cette dernière est déviée latéralement : c'est l'effet Coriolis qui affecte tout mouvement sur un support en rotation, comme sur un manège.
En mesurant cet écart latéral, on mesure la vitesse de rotation du smartphone et le sens de la rotation.

MAGNETOMÈTRE
Le magnétomètre sert de boussole pour le smartphone. Pour le physicien, il permet de mesurer un champ magnétique.
Le magnétomètre utilise l'effet Hall : quand un courant électrique traverse un fil en présence d'un champ magnétique, ce courant est légèrement dévié sur la droite. Plus le champ magnétique est fort, plus le courant est dévié.
En mesurant cette déviation et son sens, on mesure l'intensité et le sens du champ magnétique. Pour mesurer les trois directions du champ magnétique, il y a trois magnétomètres.

MICROPHONE
Le microphone permet au smartphone d'être utilisé comme un téléphone. Pour le physicien, il permet de mesurer un son.
Le microphone est constitué d'une membrane souple. Le son est une vibration des molécules de l'air, et quand il arrive au capteur, il fait vibrer cette membrane.
En mesurant l'intensité et la fréquence de la vibration, on mesure le son.

Les capteurs dans un smartphone
Les technologies modernes permettent désormais de fabriquer des systèmes mécaniques miniaturisés : membranes flexibles, plateformes suspendues, etc. Ces systèmes complexes, directement reliés aux circuits électroniques, permettent de concevoir des capteurs miniatures.
Dans un smartphone, ces capteurs permettent de connaître la luminosité, l'orientation de l'appareil, ou encore son mouvement. Pour les physiciens, ils sont des instruments de mesure formidables qui font du smartphone un véritable petit laboratoire de poche.

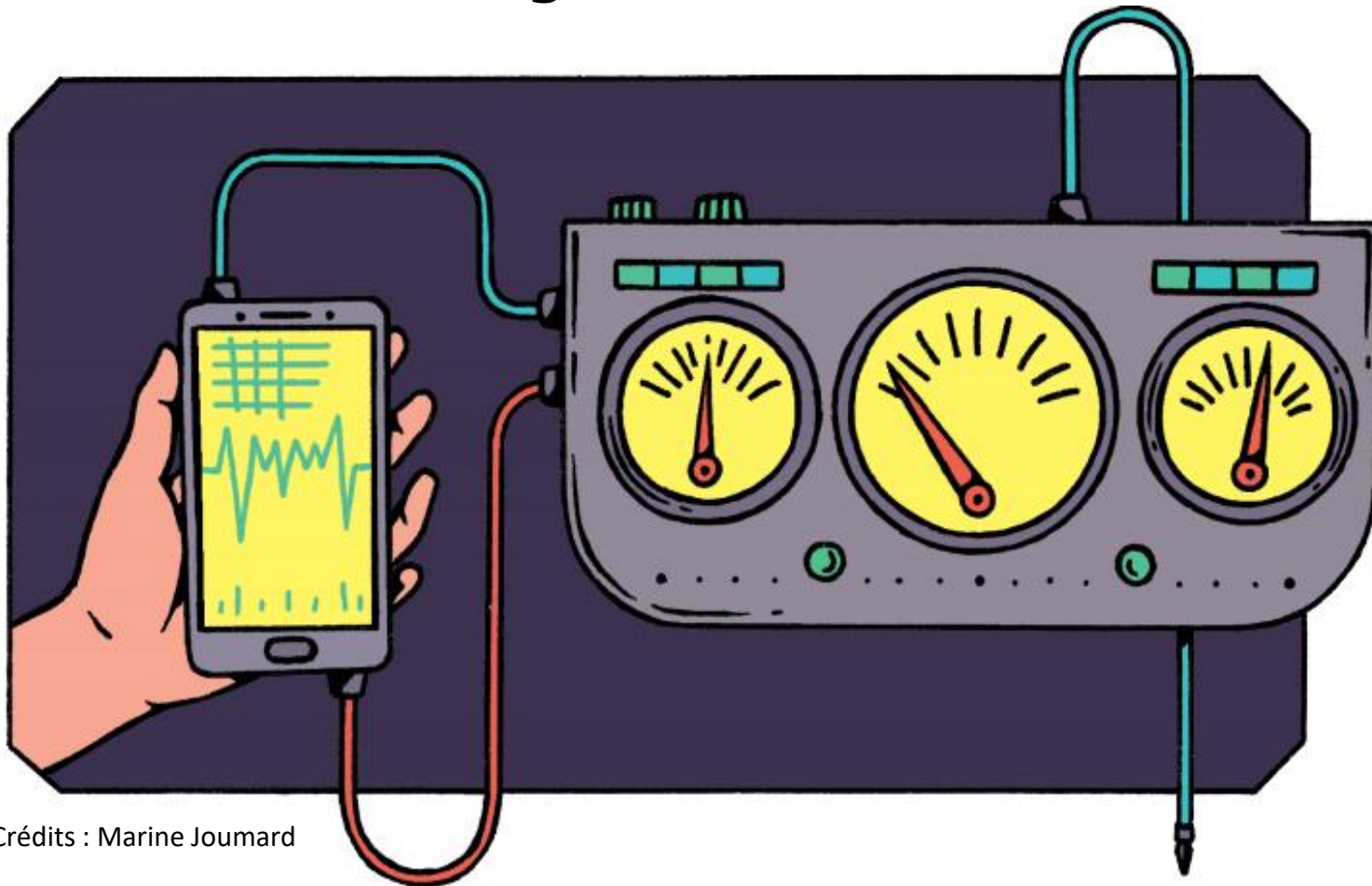


[https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/projet/les capteurs dans un smartphone/](https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/projet/les%20capteurs%20dans%20un%20smartphone/)

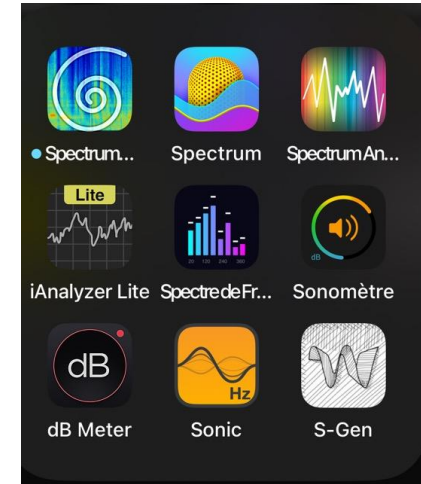
- Vos propositions...
 - Sans capteur
 - flashcards
 - synthèse RVB (observation de l'écran)
 - générateur de son
 - Applications de vote (par exemple [SpeakUp](#))
 - Sans mesure (mais avec capteur)
 - filmer une expérience en classe (ou photo d'un dispositif)
 - utilisation en microscope (goutte d'eau sur lentille)
 - faire une chronophotographie ([Motion shot](#), [TraceVidéo](#))
 - visualisation en 3D (réalité virtuelle, exemples [Stellarium](#) [FOXAR](#) [MIRAGE](#) [MoIAR](#)...)

Accéder aux mesures...

- Une multitude d'applications, parfois dans un seul domaine
- Des usines à gaz ?



Crédits : Marine Joumard

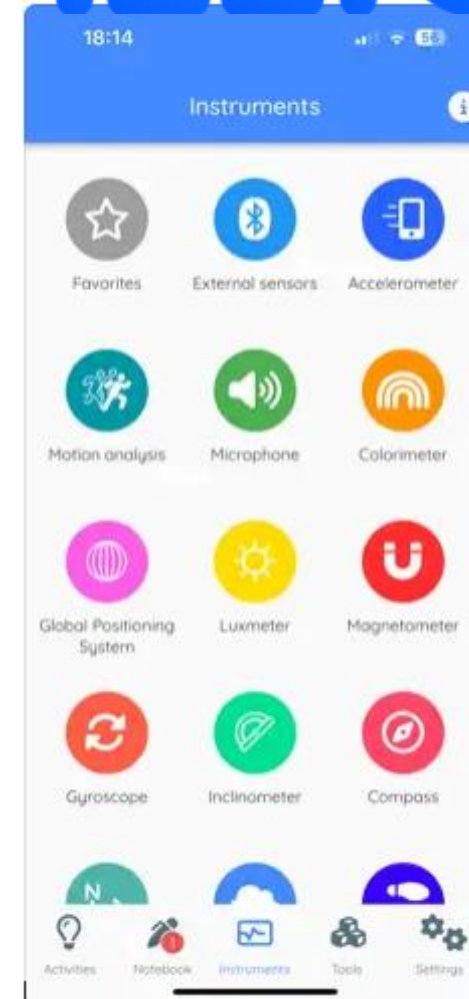


Accéder aux mesures...

- Deux applications principales multi-capteurs



FizziQ

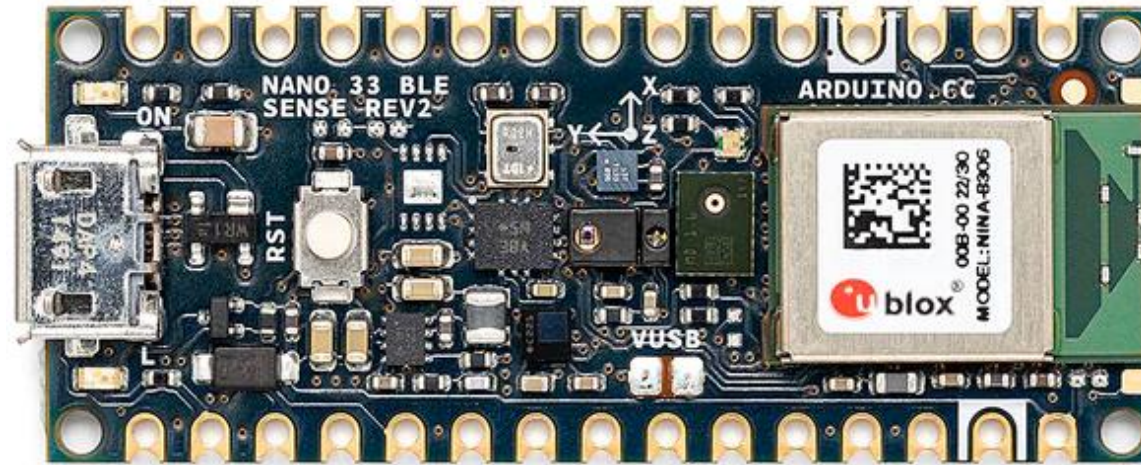


À chacun ses préférences, selon ses besoins...

App	Fizziq	Phyphox	Physics ToolBox Suite
Capteurs bruts classiques	✓	✓	✓
Exportation des données	✓	✓	✓
Multicapteurs	✓ (Mode Duo uniquement)	✓	✓
Connexion à un capteur externe	✓	✓	X
Mode cinématique (pointage vidéo)	✓ (Outil Cinématique)	X	X
Fonctions spécifiques et points forts	Cahier expérimental, Générateur couleur, Outils déclencheurs, Ressources Main à la Pâte	Contrôle à distance, Phyphox Editor, Applaudimètre, Spectre accélération, magnétique, etc.	Stroboscope, Wifi, Générateur son et couleur, Traçage, Magna-AR
Niveau d'utilisation recommandé	Collège, Lycée, Ecole Primaire (Version Fizziq Junior)	Lycée, Université	Lycée, Université

Figure 2.7 – Tableau comparatif des principales applications en smartphonique. Source : Delabre, U. (2022) *Smartphonique*, Ed. Dunod

Une évolution prometteuse... Phyphox et arduino nano



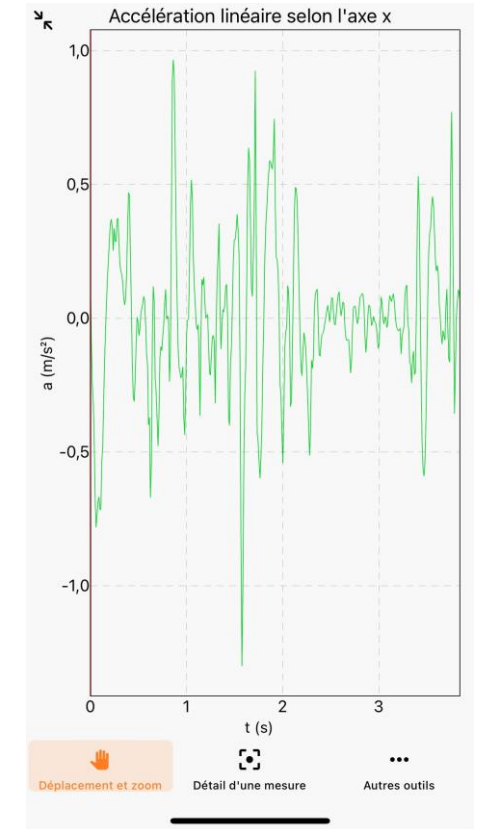
- La maniabilité de Phyphox (pas de changement d'app)
- Pas de programmation de l'arduino
- Une solution bon marché... mais qui nécessite un peu de bricolage
- Une réelle plus-value pour certaines expériences...

À vous de jouer



- Pour se projeter en classe, penser plusieurs alternatives
 - Manip démonstrative prof ou manip élève ?
 - Manip qualitative ou quantitative ?
 - Précautions d'usage ou pas ?
 - Exportation des données ou pas ?
- **Questionner systématiquement la plus-value**

- Avant de commencer, quelques fonctionnalités...
 - Marche / arrêt
 - Déplacement et zoom
 - Détail d'une mesure, dont intervalle
 - Régression linéaire
 - Export des données
 - Définir le temps de mesure
 - Activer l'accès à distance
 - Enregistrer l'état de l'expérience



- Au sujet de l'accélération...

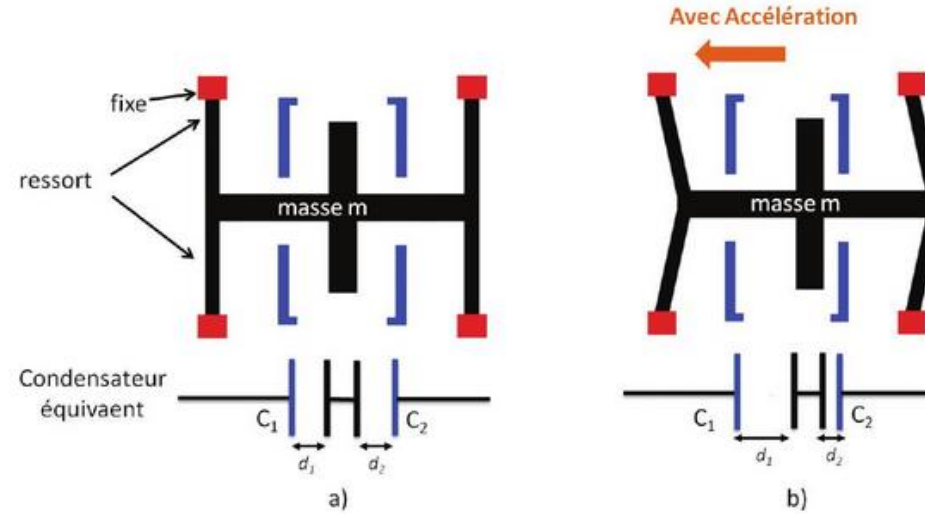
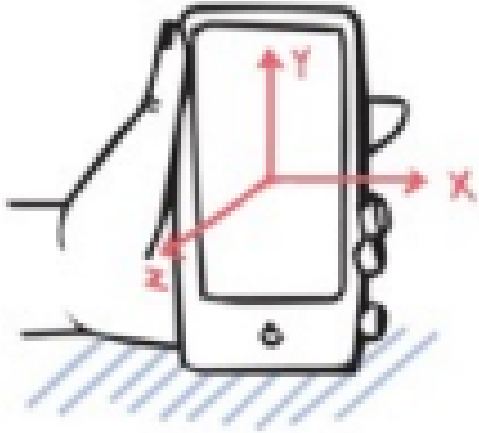


Figure 3.6 – a) Fonctionnement d'un accéléromètre à partir d'un condensateur différentiel. b) Cas d'un mouvement. Les distances entre armatures sont alors différentes.

Tableau 3.1 – Exemples de caractéristiques d'accéléromètres présents dans deux smartphones.

Nom	LSM6DSM Accelerometer	K330 3-axis accelerometer
Gamme	78,4532 m/s ²	19,6133 m/s ²
Résolution	0,0023956299 m/s ²	5,95504.10 ⁻⁴ m/s ²
Temps min	2 500 μs	10 000 μs
Temps max	1 000 000 μs	200 000 μs
Puissance	0,15 mA	0,25 mA
Vendeur	STMicroelectronics	STMicroelectronics
Version	1	1

- Par groupe de 3 ou 4, vous imaginer un usage
 - pour une illustration (manip prof)
 - pour une activité expérimentale élève, qualitative ou quantitative
- Sur un des sujets suivants :

Mécanique

Acoustique

Optique

Thermo

Chimie

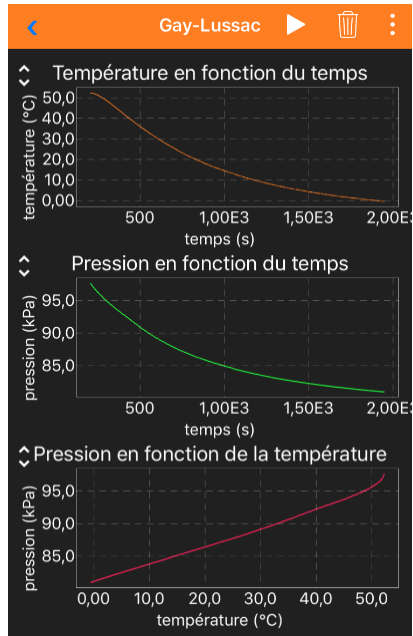


- Ne pas oublier « ClichéMouvement » pour de jolies chronophotographies (Motion Shot)
- Chute verticale : libre ou pas ?
 - détermination d'un modèle de force de frottements
- Chute par temps de chute
 - chronomètre sonore
- Accélération centripète
 - vérification de $\frac{v^2}{R}$ ou estimation du rayon
- Pendule simple
- Lien fréquence de vibration – longueur pour une règle
- ...

Chronomètres	
	Chronomètre de mouvement Chronomètre dont le déclenchement et l'...
	Chronomètre de proximité Chronomètre dont le déclenchement et l'...
	Chronomètre optique Chronomètre dont le déclenchement et l'...
	Chronomètre sonore Chronomètre le temps entre deux sons.

Dans la classe – en méca flu / thermo

- Loi de l'hydrostatique
→ mesurer des étages
- Mesurer une pression
→ mesurer une masse !
- Loi de Newton
- Vérification de la loi de Gay-Lussac

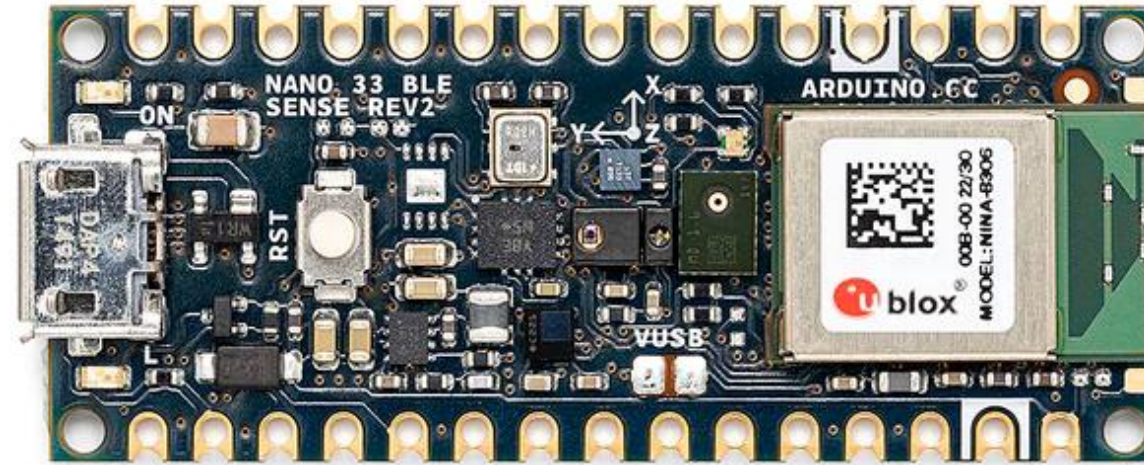


- Analyse de sons
- Niveau d'intensité sonore (atténuation)
- Mesure de la vitesse du son
- Effet Doppler
- ...

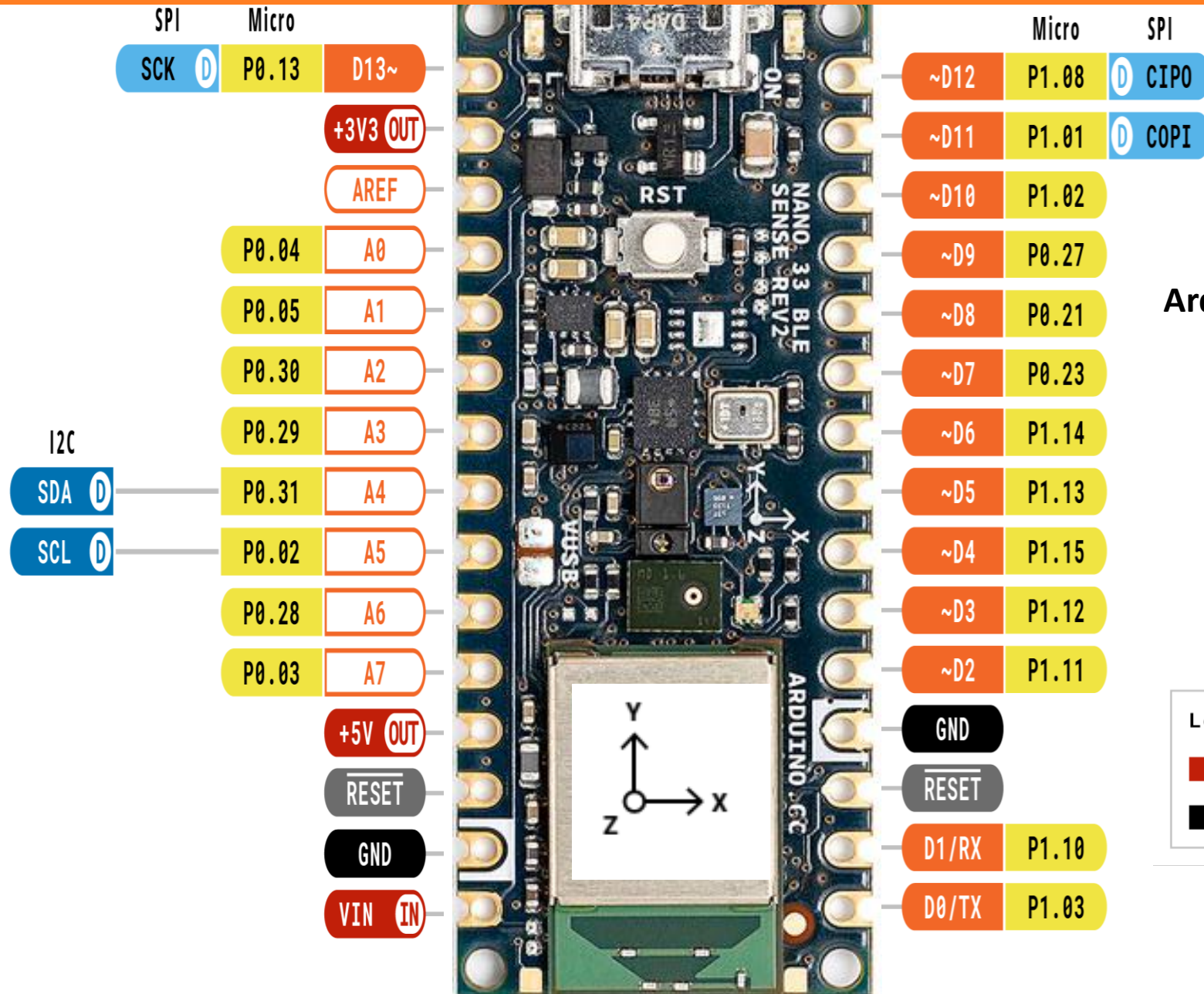
- Mesure de la luminosité... pour certains téléphones (effet de la distance à la source par exemple...)
- Analyse RVB ? **X**

- Suivi d'une cinétique dans le cas d'un dégagement gazeux
- Loi de Beer-Lambert
- ...

Phyphox et arduino nano

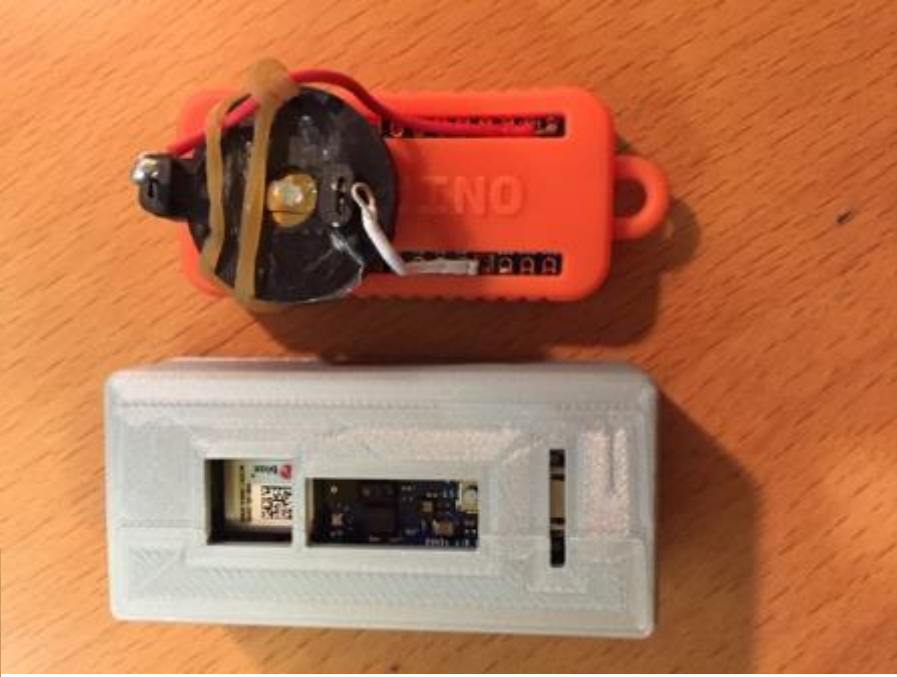


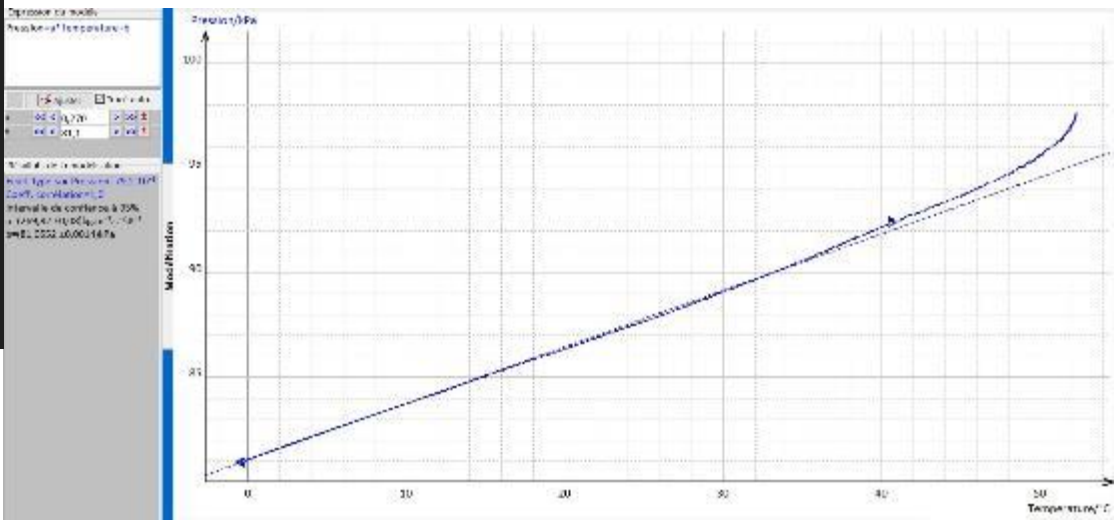
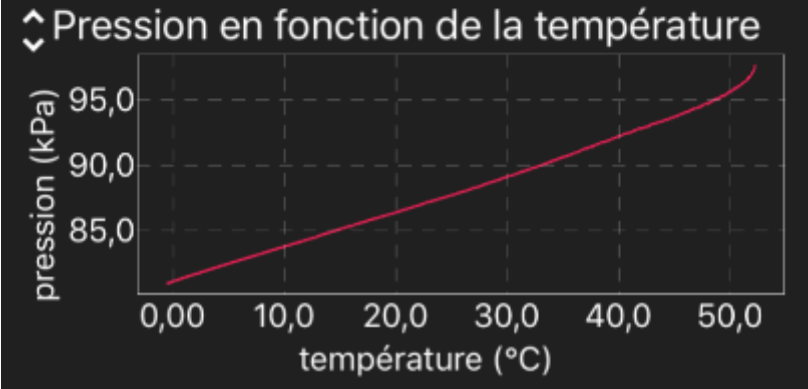
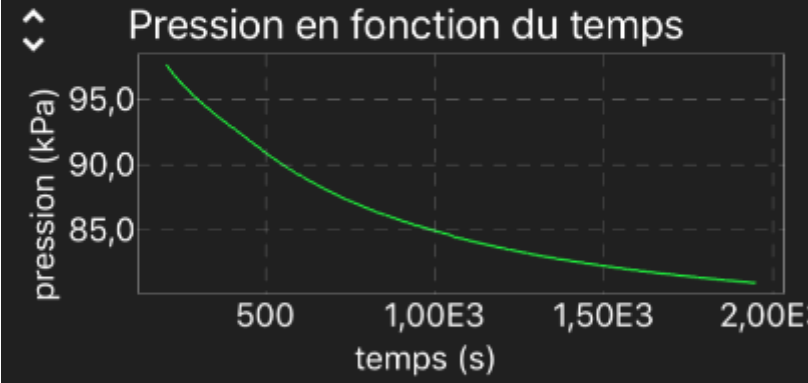
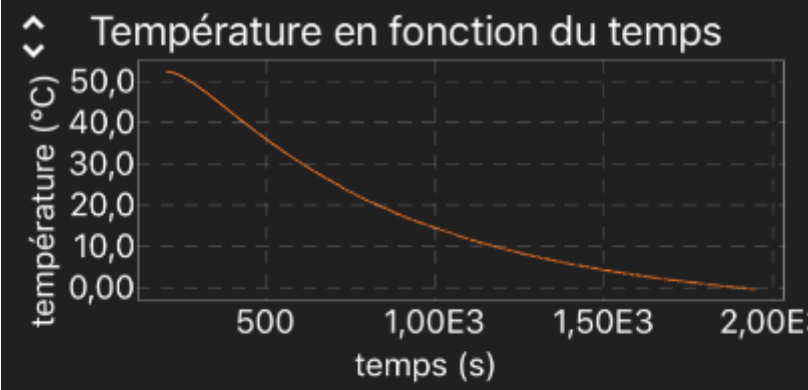
Phyphox et arduino nano

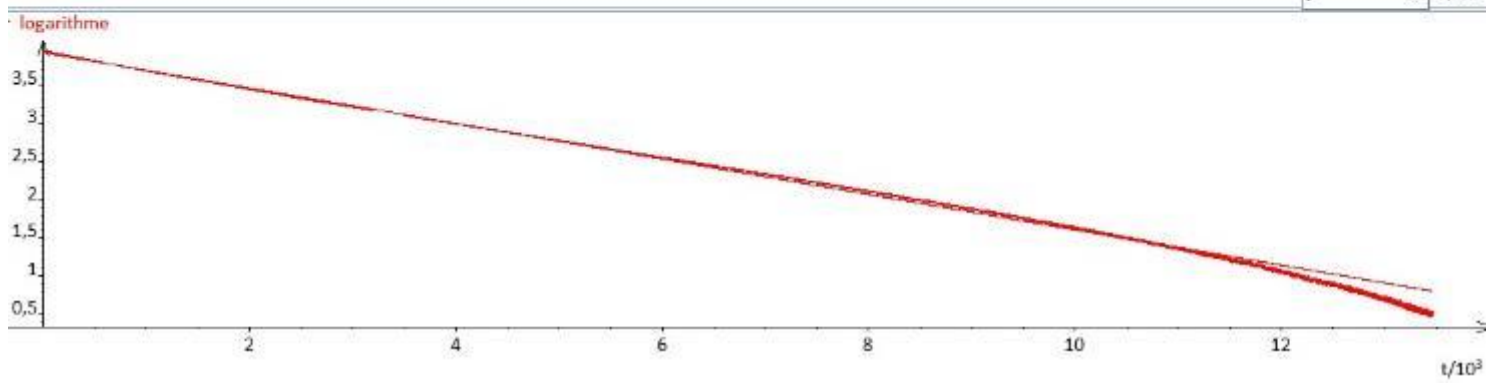
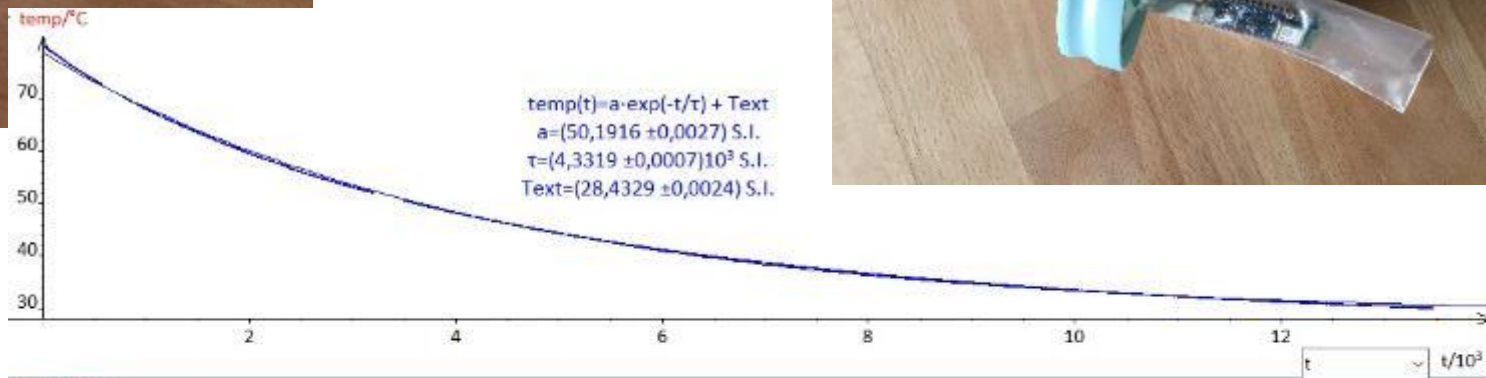


Arduino Nano 33 BLE Sense Rev2

- Legend:
- Digital
 - Power
 - Ground
 - Analog
 - Main Part
 - I2C
 - SPI









Pression

