

## Activité 5 de l'EPI téléphone portable

### Les écrans tactiles

A partir d'une situation déclenchante et d'observations de la vie courante, les élèves sont amenés à s'interroger sur le fonctionnement des écrans tactiles. A l'aide de documents et à travers la réalisation d'expériences simples, ils se familiarisent avec quelques technologies mises en œuvre dans les écrans tactiles ; **technologies à infrarouges, résistive et capacitive**. Une activité est proposée pour chaque type d'écran. Pour finir, l'élève teste l'écran tactile de son téléphone portable afin d'identifier la nature de celui-ci.

**Cette ressource comporte :**

- une activité sur les écrans à infrarouges
- une activité sur les écrans résistifs déclinée en 3 niveaux de différenciation (expert, savant, chercheur)
- une activité sur les écrans capacitifs avec des éléments de différenciation
- un tableau de synthèse

Les activités sont accompagnées de photos et de vidéos.

**Ces activités permettent de traiter les parties suivantes du programme :**

- propagation rectiligne de la lumière, modèle du rayon lumineux
- risques d'emploi du laser
- découverte de différents types de rayonnement (lumière visible, rayonnement infrarouge)
- émission, transport d'un signal donc d'une information
- réalisation de circuits électriques simples
- conducteurs et isolants (propriétés macroscopiques de la matière)

**Compétences travaillées** issues des programmes de physique-chimie du cycle 4

**Pratiquer des démarches scientifiques** (Domaine 4) :

- identifier des questions de nature scientifique
- concevoir des expériences
- mesurer des grandeurs physiques
- interpréter des résultats expérimentaux, en tirer des conclusions

**Pratiquer des langages** (Domaine 1) :

- lire et comprendre des documents scientifiques
- produire un schéma, un tableau, un graphique

## 1. Situation déclenchante

C'est l'hiver, il fait froid. Jean est en train de prendre son billet de train à une borne tactile, lorsque son téléphone portable sonne. Il est obligé de retirer ses gants pour pouvoir répondre. Il se fait la réflexion suivante : « sur l'automate, l'écran tactile fonctionnait très bien avec des gants. Pourquoi n'est-ce pas le cas avec mon téléphone portable ? ».

## 2. Problématique

A partir de la situation déclenchante et d'observations de la vie courante, le professeur amène les élèves à s'interroger sur le fonctionnement des écrans tactiles ; écrans de tablette, distributeurs de billets de banque, bornes interactives des caisses automatiques dans les supermarchés, GPS, consoles de jeux, téléphone portable....

**Pourquoi certains écrans ne réagissent-ils pas lorsqu'on porte des gants, alors que pour d'autres cela n'a aucune importance ? Quel est le principe de fonctionnement des écrans tactiles ?**

Afin de répondre à ces questions, trois activités documentaires, assorties d'expériences sont proposées aux élèves. Elles ont pour but de leur faire découvrir les principales technologies utilisées dans les écrans tactiles ; technologies à infrarouges, résistive et capacitive. A l'issue de ces activités, l'élève remplit un tableau de synthèse.

## 3. Première activité : l'écran à infrarouges

Les écrans à infrarouges sont des écrans, le plus souvent de grande taille, utilisés dans les bornes intérieures et extérieures, les distributeurs automatiques de billets, en instrumentation médicale, dans les salles d'opération des hôpitaux, les transports commerciaux.... Lorsque l'utilisateur touche l'écran, certains rayons infrarouges sont interrompus. Les récepteurs correspondants à ces rayons sont privés de lumière ; ils détectent ainsi le point d'impact. Ces écrans ont une grande durée de vie et offrent une très bonne qualité optique. C'est la seule technologie qui n'utilise aucune dalle ou substrat pour enregistrer un toucher. Il est donc impossible "d'user" physiquement l'écran.

### 3.1. Document proposé aux élèves

#### Principe de fonctionnement d'un écran à infrarouges

Un écran tactile infrarouge comporte des émetteurs (E) et des récepteurs (R) de lumière infrarouge. Emetteurs (E) et récepteurs (R) créent à la surface de l'écran un « quadrillage de rayons infrarouges ». Lorsque l'utilisateur touche l'écran, certains rayons infrarouges sont interrompus. Les récepteurs (R) privés de lumière infrarouge détectent le point d'impact et transmettent ses coordonnées X et Y à l'appareil.

D'après : « Les écrans tactiles et la société » <https://sites.google.com/site/lesecranstactilesetlasociete/>

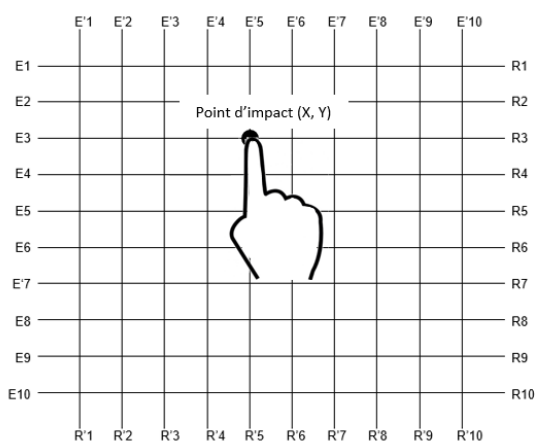


Schéma libre de droits (réalisé par nos soins)

## Qu'est-ce que la lumière infrarouge ?

La lumière infrarouge est de la lumière invisible pour nos yeux. La lumière visible est composée de toutes les couleurs de l'arc en ciel, allant du violet au rouge, en passant par le bleu, le vert, le jaune, l'orange. Ces lumières visibles se prolongent dans une gamme qu'on appelle l'infrarouge, au-delà du rouge et que nos yeux ne peuvent percevoir.

D'après une vidéo du CEA « qu'est-ce que la lumière infrarouge ? »

<http://www.cea.fr/multimedia/pages/videos/culture-scientifique/terre-univers/quest-ce-que-lumiere-infrarouge.aspx>

## Domaine de fréquences des rayonnements infrarouges (IR)

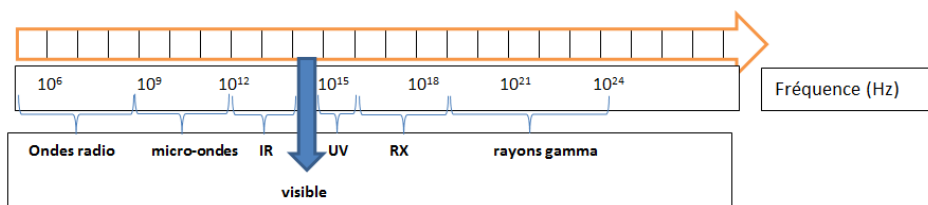


Schéma libre de droits (réalisé par nos soins)

## Questions pouvant être posées à l'élève

1) Dans le premier document, on peut lire : « émetteurs et récepteurs créent un quadrillage de rayons infrarouges. »

a) Quelle propriété de la lumière permet de créer un tel « quadrillage » ?

b) Ce quadrillage est-il visible ? Justifier la réponse.

2) Comment l'appareil détecte-t-il la position du doigt sur l'écran ?

3) Tu disposes du matériel suivant : deux émetteurs de lumière (lasers), deux récepteurs de lumière (photorésistances), deux ohmmètres, des câbles électriques

Propose une expérience permettant de reproduire le principe d'un écran infrarouge.

Garde une trace écrite de ton travail.

Attention ! Respecte les consignes de sécurité relatives à l'usage du laser.

Coup de pouce : une photorésistance est une résistance dont la valeur varie en fonction de l'éclairage.

### 3.2. Commentaires concernant l'expérience à réaliser

#### But de l'expérience

Il s'agit de modéliser le principe de fonctionnement d'un écran à infrarouges.

#### Règles de sécurité

Les sources de lumière utilisées sont des lasers de classe 2. Les lasers sont fixés sur des supports au ras de la table. Il faut absolument veiller à ne pas les mettre à hauteur des yeux. Le professeur rappellera les consignes de sécurité.

Règles de sécurité relatives à l'usage des lasers :

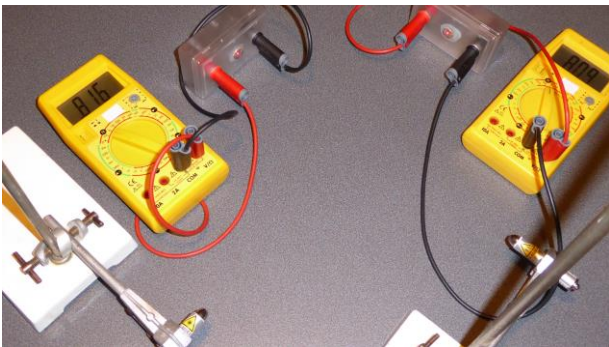
Note ministérielle du 12/10/99 : [note MEN laser.pdf](#)

Document de l'INRS page 36 : [SECURITE INRS\\_dec\\_2015\\_p36.pdf](#)

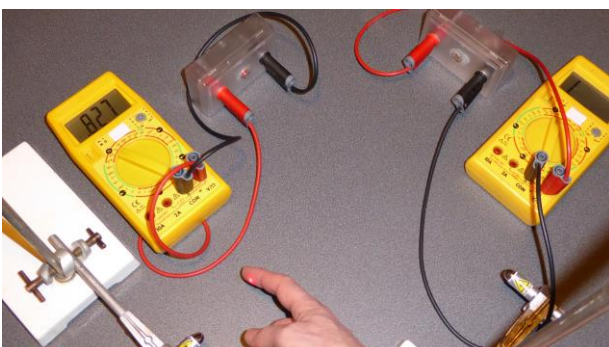
#### Description

Deux photorésistances sont éclairées par des sources laser. Ces éléments sont placés de telle sorte à ce que deux « rayons lumineux » se croisent. Chaque photorésistance est reliée à un ohmmètre. L'ohmmètre permet de détecter les variations d'intensité de la lumière reçue par la photorésistance.

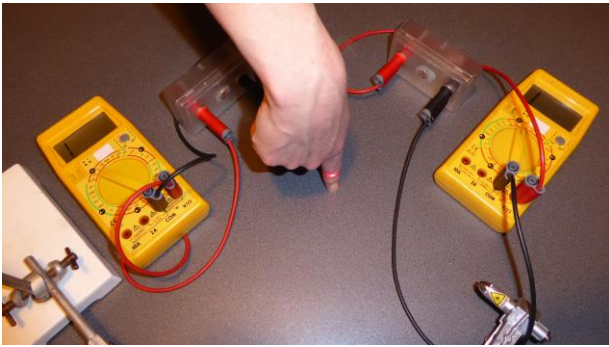
Sur le calibre 2 k $\Omega$ , chaque ohmmètre affiche environ 0,8 k $\Omega$  lorsque la photorésistance est éclairée par le laser.



Si on coupe un « rayon lumineux » avec le doigt, la photorésistance reçoit moins de lumière et la valeur de la résistance augmente. C'est pourquoi l'ohmmètre affiche la valeur 1.



Si on coupe deux « rayons lumineux » avec le doigt, les deux ohmmètres affichent 1. Le point d'impact situé à l'intersection de ces deux « rayons » est ainsi repéré.



Vidéo de l'expérience : [principe IR.mp4](#)

Photos et vidéo libres de droits (réalisées par nos soins)

### 3.3. Institutionnalisation des connaissances

La lumière se propage en ligne droite.

Le trajet de la lumière est modélisé par le rayon lumineux.

Un objet opaque ne laisse pas passer la lumière.

Le laser présente un danger pour l'œil.

Le rayonnement infrarouge est un rayonnement de même nature que la lumière visible, mais que nos yeux ne peuvent percevoir.

L'utilisation de la lumière infrarouge permet de transporter un signal, donc une information. En effet, c'est grâce aux rayons infrarouges qui sont interrompus, que l'écran arrive à détecter la position du point d'impact sur l'écran.

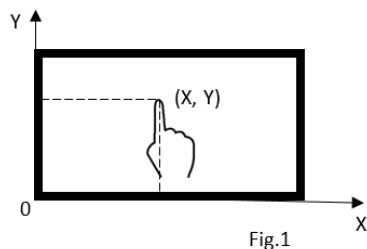
## 4. Deuxième activité : l'écran résistif

Les écrans résistifs sont très courants dans la vie quotidienne, on les trouve notamment sur les distributeurs de billets de banque, les bornes interactives des caisses automatiques dans les supermarchés, les GPS et les consoles de jeux. Ils sont peu coûteux et consomment peu d'énergie. Les rayures peu profondes n'altèrent pas le fonctionnement de l'écran. Comme il répond à une pression exercée, il peut être utilisé avec un stylet, à mains nues ou avec des gants.

## 4.1. Document proposé aux élèves

### Principe de fonctionnement d'un écran résistif

Comment l'appareil détermine-t-il les coordonnées (X, Y) du point d'impact ? (fig.1)



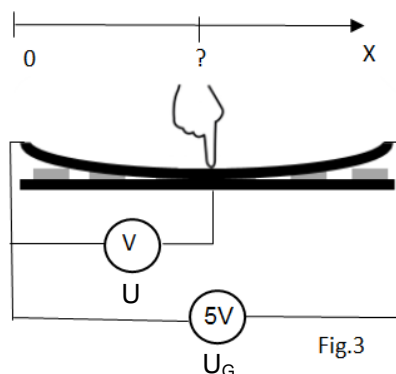
Un écran résistif est constitué de deux couches conductrices séparées par une couche isolante (fig.2).



Lorsque l'écran est touché, les deux couches conductrices se mettent en contact.

L'appareil applique une tension  $U_G = 5V$  entre les deux extrémités de l'écran, puis mesure la tension  $U$  entre le point d'impact et une extrémité de l'écran.

La tension  $U$  ainsi mesurée est proportionnelle à la position de l'impact sur l'écran et permet de déterminer l'abscisse  $X$  du point d'impact (fig.3).



L'appareil procède exactement de la même manière suivant l'axe OY et détermine ainsi l'ordonnée Y du point d'impact.

Schémas libres de droits (réalisés par nos soins)

D'après :

« Comment fonctionne un écran tactile ? »

<http://www.linternaute.com/science/technologie/comment/06/ecran-tactile/comment-ecran-tactile.shtml>

<https://www.youtube.com/watch?v=sWS3rCCmzwI>

„Wie funktionieren Touchpad und Touchscreen?“

<http://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/elektronische-geraete/touchpad-und-screen/>

„Touchscreentechnologie“

[http://www.schuelerkonferenz.edu.tum.de/fileadmin/w00brm/www/Facharbeiten\\_2010/julian\\_harms\\_2010.pdf](http://www.schuelerkonferenz.edu.tum.de/fileadmin/w00brm/www/Facharbeiten_2010/julian_harms_2010.pdf)

## Travail demandé aux élèves

Tu disposes du matériel suivant : une bandelette de papier canson recouverte d'une couche conductrice de laque graphite de 30 cm de long et de 3 cm de large, une alimentation 12 V, un multimètre, des câbles et des pinces crocodile.

**Propose une expérience permettant de vérifier l'affirmation du document précédent :  
« la tension ainsi mesurée est *proportionnelle* à la position de l'impact sur l'écran et permet de déterminer l'abscisse X du point d'impact ».**

## Commentaires

L'expérience que l'élève doit proposer est basée sur le principe du potentiomètre. Pour que l'élève puisse trouver le protocole, il nous paraît indispensable de lui fournir la liste du matériel dont il dispose.

Une tension de 12V est appliquée entre les deux extrémités d'une bandelette conductrice. Il s'agit de papier canson sur lequel on a vaporisé de la laque graphite 33 (vernis conducteur que l'on trouve facilement dans le commerce, compter une quinzaine d'euros). Un voltmètre mesure la tension entre une extrémité de la bandelette et le point d'impact. On attend que l'élève fasse varier la position du point d'impact et mesure la tension correspondante. On lui demande de dresser un tableau de mesures puis de tracer le graphique correspondant. Il obtient une droite passant par l'origine, ce qui lui permet de conclure que les deux grandeurs sont bien proportionnelles.

Il serait également possible de faire cette étude en mesurant la résistance de la bandelette en fonction de la position du point d'impact. Dans ce cas, il faudrait faire le lien entre la résistance et la tension.

## 4.2. Différenciation

On peut proposer cette activité en 3 niveaux de différenciation ; expert, savant, chercheur.

Afin que l'élève trouve le protocole, il nous paraît indispensable de lui fournir une liste du matériel.

Pour les niveaux savant et chercheur, l'élève peut bénéficier d'aides supplémentaires.

### Questions pouvant être posées pour le niveau expert

1) Dans le document, il est indiqué : « la tension  $U$  ainsi mesurée est *proportionnelle* à la position de l'impact sur l'écran et permet de déterminer l'abscisse  $X$  du point d'impact ».

On se propose de vérifier cette affirmation à l'aide d'une expérience.

a) Décris l'expérience à réaliser.

b) Schématise l'expérience.

*Fais valider par le professeur.*

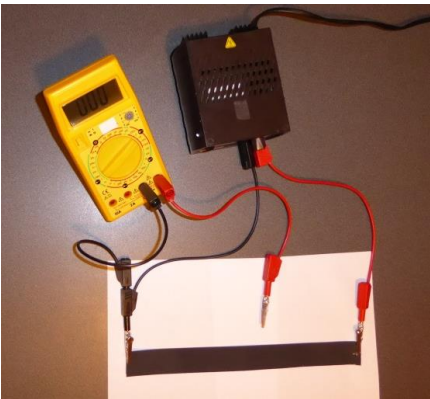
2) Dresse un tableau de mesures comportant les deux grandeurs mesurées. Réalise au moins 7 mesures que tu noteras dans le tableau de mesures.

3) Réalise le graphique de l'évolution de la tension en fonction de la position de l'impact.

4) Exploite ce graphique afin de tirer les conclusions de cette expérience.

Niveau savant

Aide n°1 : une photo de l'expérience



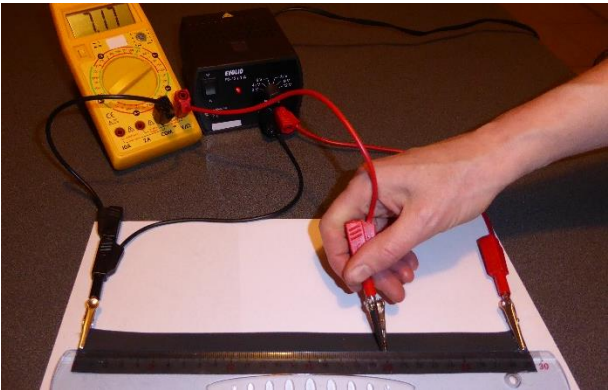
Aide n°2 : un tableau de mesures à compléter (à distribuer une fois l'expérience validée par le professeur) :

_____ (cm)								
_____ (V)								

Niveau chercheur

On peut faire le choix de dispenser les élèves ayant le plus de difficultés de rédiger le protocole, afin d'alléger la charge cognitive. On peut se contenter de leur demander de schématiser l'expérience. En effet, il nous paraît plus important que l'élève utilise le temps imparti pour réaliser l'expérience, faire les mesures, tracer et exploiter le graphique.

Aide n°1 : une photo de l'expérience



Aide n°2 : sur la photo, figure un voltmètre. Quelle grandeur mesure un voltmètre ?



**Aide n°3** : sur la photo, figure une règle. Quelle grandeur mesure une règle ?

**Aide n°4** : un tableau de mesures (à distribuer une fois l'expérience validée par le professeur)

Longueur L (cm)	0	4	8	12	16	20	24	28
Tension U (V)								

**Aide n°5** : les échelles à utiliser pour le graphique

- en abscisse : 1 cm sur l'axe équivaut à 1cm dans la réalité.
- en ordonnée : 1 cm sur l'axe équivaut à 1V.

**Aide n°6** : une fiche réalisée en AP intitulée « comment reconnaître une situation de proportionnalité ? »

### 4.3. Institutionnalisation

Pour savoir si deux grandeurs sont proportionnelles, on trace un graphique à partir de ces deux grandeurs. Si la représentation graphique est une droite passant par l'origine, alors les deux grandeurs sont proportionnelles.

## 5. Troisième activité : l'écran capacitif

Les écrans capacitifs sont utilisés dans la plupart des téléphones portables et tablettes. Un simple effleurement suffit à faire fonctionner l'écran. Il faut cependant que l'objet qui touche l'écran soit conducteur. Il est donc impossible de s'en servir avec des gants traditionnels !

On trouve actuellement dans le commerce des gants tactiles spécialement conçus pour les smartphones. Le principe est simple : le pouce et l'index bénéficient de fils conducteurs qui permettent d'utiliser les gants sur un écran tactile.

### 5.1. Document proposé aux élèves

#### Principe de fonctionnement d'un écran capacitif

Un écran capacitif comporte une couche conductrice qui accumule des charges électriques (fig.1).

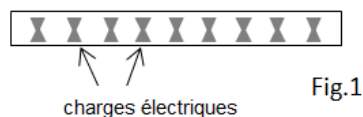


Fig.1

Lorsque l'utilisateur touche la plaque avec son doigt, certaines de ces charges lui sont transférées. Les charges qui quittent la plaque capacitive créent un manque (fig.2). Des capteurs situés aux quatre coins de la plaque mesurent ce manque et déterminent ainsi les coordonnées (X, Y) du point d'impact.

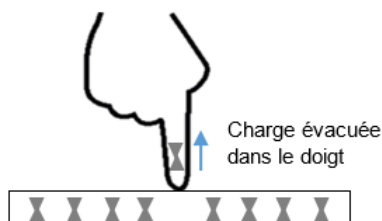


Fig.2

Schémas libres de droit (réalisés par nos soins)

D'après :

« Comment fonctionne un écran tactile ? »

<http://www.linternaute.com/science/technologie/comment/06/ecran-tactile/comment-ecran-tactile.shtml>

<https://www.youtube.com/watch?v=sWS3rCCmzwl>

„Wie funktionieren Touchpad und Touchscreen?“

<http://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/elektronische-geraete/touchpad-und-screen/>

„Touchscreentechnologie“

[http://www.schuelerkonferenz.edu.tum.de/fileadmin/w00brm/www/Facharbeiten\\_2010/julian\\_harms\\_2010.pdf](http://www.schuelerkonferenz.edu.tum.de/fileadmin/w00brm/www/Facharbeiten_2010/julian_harms_2010.pdf)

## Questions pouvant être posées aux élèves

- 1) Quelle propriété électrique du doigt permet d'évacuer les charges électriques ?
- 2) On veut actionner un écran capacitif à l'aide d'un stylet. Quelle doit être la propriété électrique de ce stylet ? Justifie la réponse.
- 3) Fais une comparaison avec les écrans infrarouges et résistifs. Justifie tes réponses.
- 4) Réalise des essais sur l'écran tactile de ton téléphone portable. Conclue en indiquant la technologie mise en œuvre dans l'écran de ton téléphone.

## 5.2. Commentaires

L'élève réinvestit la notion de conducteur et d'isolant (constitution de la matière au niveau macroscopique) acquise au cycle 3. Le doigt ainsi que le stylet sont des conducteurs.

Un écran infrarouge réagit à tout type d'objet, pourvu qu'il soit opaque au rayonnement infrarouge.

Dans un écran résistif, il faut que deux couches conductrices se touchent au point d'impact. L'écran résistif réagit donc à une pression. Peu importe que l'objet soit conducteur ou isolant.

Pour finir, l'élève teste son écran de téléphone portable avec différents objets et constate que celui-ci ne réagit qu'avec des objets conducteurs. Il en déduit que son écran est capacitif. S'il a un vieux modèle, il s'agira d'un écran résistif.

## Vidéos des expériences

Ecran capacitif : l'écran ne réagit pas avec un coton tige sec (isolant). Par contre si on mouille le coton tige et si on l'entoure de papier aluminium (conducteur), il réagit. [capacitif.mp4](#)

Comparaison avec un écran résistif : l'écran réagit, à condition d'appuyer suffisamment fort (un effleurement ne suffit pas). [resistif.mp4](#)

Vidéos libres de droits réalisées par nos soins

## 5.3. Différenciation

On peut proposer les aides suivantes :

**Aide n°1** : un déplacement de charges électriques correspond à un courant électrique

**Aide n°2** : le corps humain laisse-t-il passer le courant ?

**Aide n°3** : comment appelle-t-on un matériau qui laisse passer le courant ?

**Aide n°4** : comment appelle-t-on un matériau qui ne laisse pas passer le courant ?

## 6. Synthèse des trois activités

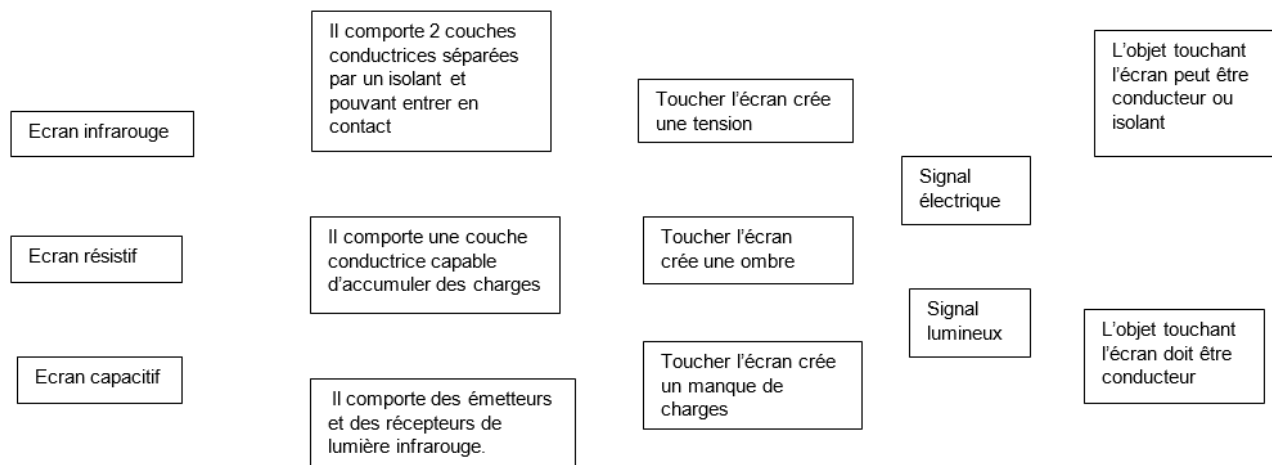
### Niveaux expert et savant

A l'issue des trois activités, on peut demander aux élèves de remplir le tableau de synthèse suivant :

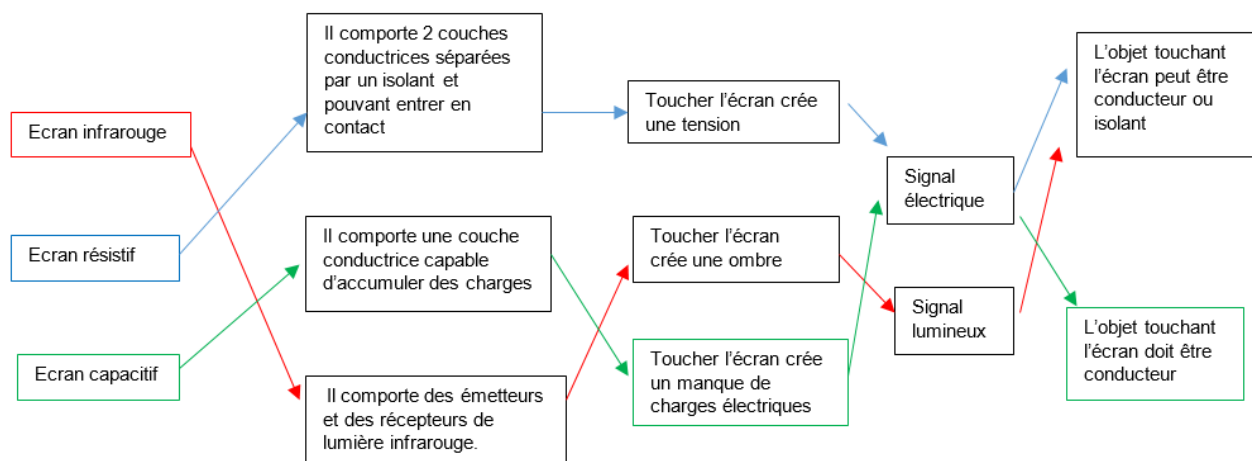
	Ecran IR	Ecran résistif	Ecran capacitif
Eléments nécessaires	Emetteurs et récepteurs de lumière infrarouge	Deux couches conductrices séparées par un isolant et pouvant entrer en contact	Une couche conductrice capable d'accumuler des charges électriques
Nature des signaux	Lumineux, électrique	Électrique	Électrique
Toucher l'écran crée...	Une ombre	Une tension	Un manque de charges
Propriété électrique que doit avoir l'objet touchant l'écran :	Conducteur ou isolant	Conducteur ou isolant	L'objet doit être conducteur

## Niveau chercheur

On peut demander aux élèves d'attribuer à chaque écran les bonnes propositions (mettre des flèches de gauche à droite, utiliser une couleur différente pour chaque type d'écran).



Solution :



## 7. Organisation du travail de l'élève

Il faut prévoir plusieurs séances.

### En classe entière : situation déclenchante et appropriation de la problématique

Discussion collective, représentations initiales des élèves

### En groupes : l'écran à infrarouges

Travail en autonomie à partir d'une fiche élèves

Réalisation de l'expérience de modélisation du principe de fonctionnement de l'écran infrarouge

### **En classe entière : mise en commun et institutionnalisation des connaissances**

Signaux lumineux

Signal et information

### **En groupes : l'écran résistif**

Travail en autonomie à partir d'une fiche élèves

Mesure de la tension en fonction de la position du point d'impact

Tracé du graphique et exploitation

### **En classe entière : mise en commun (écran résistif) et institutionnalisation**

Une situation de proportionnalité est représentée graphiquement par des points alignés sur une droite qui passe par l'origine du repère.

### **En groupes : l'écran capacitif et la synthèse des trois activités**

Travail en autonomie à partir d'une fiche élèves

Test de quelques écrans tactiles avec différents objets

Comparaison des 3 technologies et tableau de synthèse

### **En classe entière : mise en commun / correction du tableau de synthèse**

## **8. Compétences pouvant être évaluées**

	Maîtrise insuffisante	Maîtrise fragile	Maîtrise satisfaisante	Très bonne maîtrise
Pratiquer des démarches scientifiques (domaine 4) <ul style="list-style-type: none"><li>Proposer une expérience</li></ul>				
Utiliser des langages scientifiques et mathématiques (domaine 1) : <ul style="list-style-type: none"><li>Reconnaître une situation de proportionnalité à partir d'un graphique</li></ul>				
Utiliser la langue française pour argumenter, conclure. (domaine 1)				

## 9. Prolongement possible

Dans les documents proposés aux élèves, nous n'avons pas précisé la composition chimique des couches conductrices des écrans résistifs et capacitifs, car cette information n'était pas indispensable à la bonne compréhension du principe de fonctionnement de l'écran.

Les écrans tactiles résistifs et capacitifs sont composés d'un oxyde d'étain ( $\text{SnO}_2$ ) et d'un oxyde d'indium ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ). Or les réserves en Indium, produit résidu de l'activité minière, devraient être épuisées d'ici 2020. Il peut être intéressant de l'évoquer afin de sensibiliser les élèves à l'impact environnemental des appareils de notre quotidien. Une étude plus approfondie peut-être proposée dans le cadre d'un EPI.