

# Analyse de l'air ambiant

## Préambule

Cette fiche, à destination du professeur, a pour objectif de synthétiser les contenus qui seront abordés lors de la visite du stand et des idées d'exploitation après la visite. Il s'agit lors de la visite de créer un effet de surprise sur le contenu et les informations de cette fiche. Par conséquent, les éléments de cette fiche ne doivent pas être divulgués aux élèves avant la visite.

Cette fiche est accompagnée d'une « fiche élève » qui a pour objectif de faire réfléchir sur le thème abordé lors de la visite du stand sans en dévoiler le contenu.

### Activité proposée

#### AVANT LA VISITE

##### 1ère étape :

Le professeur distribue la « fiche élève ». Les élèves prennent connaissance du texte ainsi que de la problématique et du questionnement de cette fiche. Les élèves sont invités à noter un support papier leurs réflexions.

##### 2ème étape :

Le professeur demande aux élèves de se mettre en petits groupes et de comparer leurs réponses. Les élèves sont invités à dégager les idées communes à tous et les idées moins communes. Le groupe produit un écrit sur support papier. A ce stade, le professeur pourra également s'appuyer sur le numérique où les élèves seraient amenés à chercher de l'information pour alimenter leurs idées.

##### 3ème étape :

Il s'agit de mettre en commun dans la classe les idées. On pourra demander à un représentant élève de chaque groupe de présenter à la classe le contenu des discussions du groupe : accords et désaccords. Il s'agit alors pour la classe de produire un document sur les idées communes et les points de désaccord. Les élèves ont alors ce document comme référence en amont de la visite.

Remarque : Nous avons proposé une activité où les élèves ne travaillent que sur la thématique du stand présenté dans cette fiche : travail sur une seule thématique en amont de la visite mais les élèves voient tous les stands ou une partie lors de la visite. Il est également tout à fait possible de faire travailler les élèves sur les différentes thématiques des stands qu'ils découvriront pendant la visite.

#### APRES LA VISITE

### *Xperium saison 2*

# Fiche enseignant

---

## 4ème étape :

Il s'agit de travailler avec la classe toute entière ou en sous-groupes sur les changements à amener au(x) document(s) produit(s) par la classe avant la visite. Le professeur pourra demander aux élèves de mettre en valeur l'évolution de leurs idées sur la(les) thématique(s) travaillée(s) avant la visite. Un travail de restitution pourra être également fait sur les métiers et les parcours de formation associés suite à la visite (à partir de la présentation en fin de visite et également après discussion avec les doctorants qui présentent les thématiques des stands).

Dans la suite de cette fiche nous présentons les laboratoires, les partenariats, la problématique, la description du projet, des éléments sur le fil conducteur commun à tous les stands de l'exposition, des mots clés. Nous avons également inclus des liens avec les programmes ainsi que des idées de questionnement et de situations « déclenchantes » à aborder après la visite.

## Laboratoires

- Laboratoire Physicochimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère (PC2A, UMR 8522 CNRS/Lille 1)
- Laboratoire CRIStAL (Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille, UMR 9189 Lille 1/CNRS/INRIA)

## Partenariats

- Mines-Douai, Département des Sciences de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement
- PACTE Lille 1 « Penser, agir, construire pour la transition écologique »

## Problématique

La qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : un sujet méconnu, sous-estimé, et pourtant un problème majeur pour la santé et l'économie.

Nous passons plus de 80 % de notre temps dans des environnements confinés : logement, lieu de travail ou d'étude, bâtiments publics, moyens de transport... Il a été montré que ces environnements sont le lieu d'une pollution plus complexe (diversité des polluants) et plus intense (concentrations des polluants) que celle de l'air extérieur, d'où un impact plus fort sur la santé. De plus, des études ont montré que le coût économique de la pollution de l'air intérieur est au minimum de l'ordre de 20 milliards d'euros par an pour la France.

Les efforts actuels concernant les bâtiments portent sur la réduction de leur consommation énergétique, réalisée grâce à l'utilisation de techniques de construction et de matériaux innovants, qui entraînent un plus grand confinement. Les polluants générés à l'intérieur de ces bâtiments, issus

## Fiche enseignant

---

des matériaux ou des activités, risquent donc d'y être piégés bien plus que dans des bâtiments conventionnels, malgré l'installation d'un système de ventilation mécanique.

A la différence de l'air extérieur, où des systèmes de mesure en continu sont installés sur tout le territoire français par les réseaux de mesures de la qualité de l'air (Atmo Nord-Pas de Calais par exemple), où les émissions par les industries ou les transports sont réglementées, la législation portant sur la qualité de l'air intérieur est encore balbutiante, par manque de connaissance sur les environnements intérieurs d'une part, par la difficulté de réglementer les (très nombreux) espaces privés, et par l'inapplicabilité des moyens de mesure classiques dans de petites pièces.

Il faut donc répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les déterminants de la qualité de l'air dans les bâtiments : émissions intérieures, activités, apport d'air extérieur, chimie ?
- Quels moyens de mesure peuvent être appliqués en air intérieur ?
- Comment construire et gérer des bâtiments économes et sains ?
- Comment informer/sensibiliser le public ?
- Quelle réglementation pour l'air intérieur ?

### Description du projet

Le projet APOLLINE vise à mettre en place un réseau de capteurs dans différents bâtiments du campus Lille 1 pour :

- Avoir un état des lieux de la pollution à l'intérieur des locaux
- Identifier les sources de pollution (apport d'air extérieur pollué, matériaux et activités à l'intérieur des locaux, réactivité chimique aux surfaces) si des « points noirs » sont repérés
- Apporter une aide pour la gestion des locaux
- Sensibiliser les usagers de l'université à la problématique de la qualité de l'air intérieur
- Être un support de formation (chimie, électronique, informatique...)

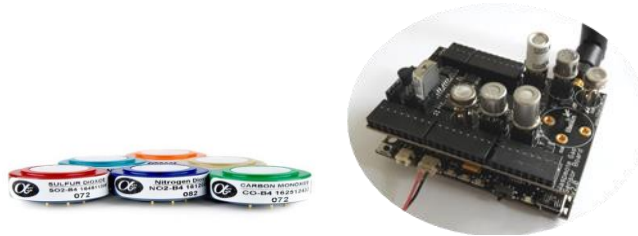
### Les capteurs :

Les capteurs miniatures sont des outils apparus récemment, fonctionnant d'après divers principes (électrochimique, infrarouge, photoionisation, semi conducteurs...) qui traduisent la

*Xperium saison 2*

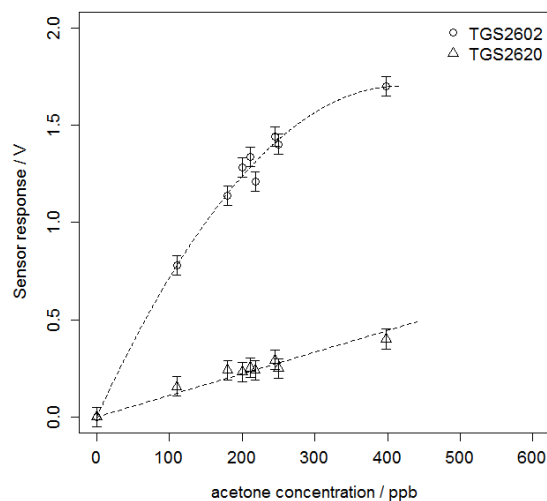
## Fiche enseignant

concentration d'une espèce chimique ou d'une famille d'espèces chimiques dans l'air en un signal électrique. Leurs principaux avantages par rapport au matériel conventionnel de mesure de polluants sont leur taille (quelques cm<sup>2</sup>), leur prix (1-400 €), une faible consommation électrique, une absence de bruit et de vibration, et leur (relative) facilité d'installation et d'utilisation.



### Validation métrologique :

Les capteurs n'ont pas encore été complètement validés par la communauté scientifique. Nous évaluons différents capteurs, en laboratoire et sur le terrain, par comparaison avec des analyseurs classiques : sensibilité, sélectivité, justesse, résolution, temps de réponse, interférences, durée de vie, influence de la température et de l'humidité...



### Les modules de mesure :

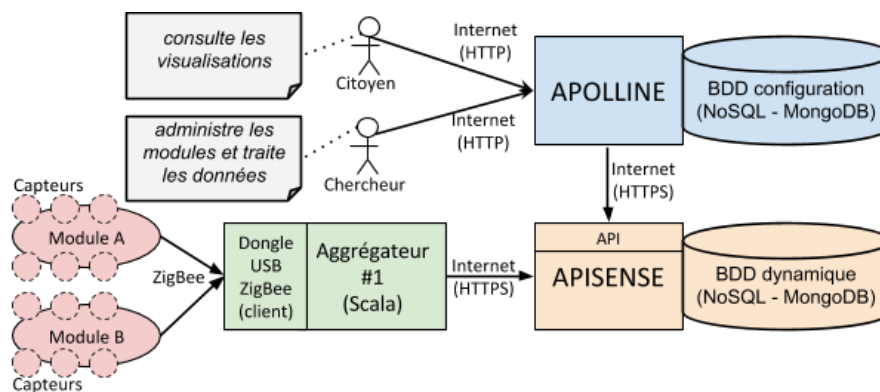
Des modules ont été construits, qui comprennent chacun plusieurs capteurs permettant de mesurer différents polluants : CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, COV, et particules. Ces modules comportent également un micro ordinateur (Raspberry) qui permet de centraliser et de prétraiter les données des différents capteurs, et de les transmettre à distance.

### Xperium saison 2

## Collecte et traitement des données :

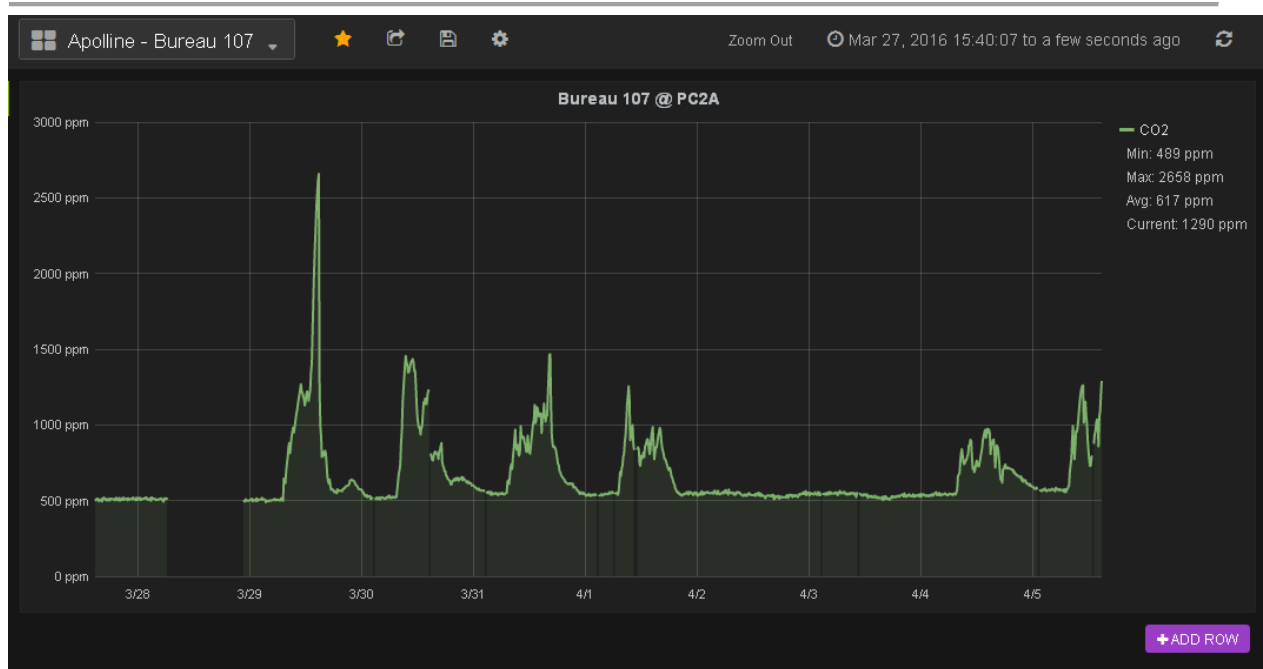
Les données issues des capteurs sont envoyées en temps réel, via une connexion internet, sur la plateforme de collecte et de gestion des données APISENSE, développée par le laboratoire CRISTAL. Les données restent également stockées au niveau des capteurs au cas où la transmission est coupée.

Les données peuvent être visualisées via une page web. A terme, cette interface web permettra également l'interprétation en temps réel des données transmises par les capteurs, via des analyses de séries temporelles, de classification, de reconnaissance de signatures par réseaux bayésiens ou neuronaux...



A titre d'exemple, la figure suivante montre l'évolution de la concentration de CO<sub>2</sub> pendant une semaine dans un bureau d'un bâtiment de recherche. La présence des occupants est clairement visible. La décroissance de la concentration de CO<sub>2</sub> chaque soir permet de calculer le taux de renouvellement d'air dans la pièce. La hauteur du pic et la vitesse de montée de la concentration peuvent être liées au nombre de personnes présentes, lorsque la porte et les fenêtres sont fermées. A noter que CO<sub>2</sub> n'est pas un polluant *stricto sensu*, mais à haute concentration, au dessus de 2000 ppm (= 0.2 %) environ, les capacités de concentration et les performances intellectuelles sont réduites. Ce qui peut arriver dans cette pièce, comme dans beaucoup d'autres environnements tels que des salles de cours, d'où l'importance d'aérer régulièrement.

# Fiche enseignant



## Mots clés

Air intérieur, polluants, capteurs, visualisation et analyse à distance

## Fil conducteur Itinéraire – Impact sociétal

Contenu prochainement

## Liens avec les programmes d'enseignement

Parties de programmes référencées dans le BO et en lien avec la thématique de cette fiche (sera renseigné par les collègues professeurs de lycées).

SECONDE

<b>Discipline : Mathématiques</b>	
Thème : Fonctions	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
Image, antécédent, courbe représentative.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Traduire le lien entre deux quantités par une formule.</li></ul> Pour une fonction définie par une courbe, un tableau de données ou une formule :

*Xperium saison 2*

Quels défis pour Rêv3r ? - Des innovations pour un monde durable et connecté

6/12

## Fiche enseignant

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identifier la variable et, éventuellement, l'ensemble de définition ;</li> <li>• déterminer l'image d'un nombre ;</li> <li>• rechercher des antécédents d'un nombre.</li> </ul>
<p>Étude qualitative de fonctions</p> <p>Fonction croissante, fonction décroissante ; maximum, minimum d'une fonction sur un intervalle.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décrire, avec un vocabulaire adapté ou un tableau de variations, le comportement d'une fonction définie par une courbe.</li> <li>• Dessiner une représentation graphique compatible avec un tableau de variations.</li> </ul> <p>Lorsque le sens de variation est donné, par une phrase ou un tableau de variations :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• comparer les images de deux nombres d'un intervalle ;</li> <li>• déterminer tous les nombres dont l'image est supérieure (ou inférieure) à une image donnée.</li> </ul>

<b>Discipline : Physique-chimie</b>	
Thème : La santé	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
Espèces chimiques, corps purs et mélanges.	Extraire et exploiter des informations concernant la nature des espèces chimiques citées dans des contextes variés.

<b>Discipline : enseignement d'exploration Création et innovation technologique / Sciences de l'ingénieur</b>
Thème : L'habitat
Thème : la communication

<b>Discipline : enseignement d'exploration Méthodes et pratiques scientifiques</b>
Thème : Science et prévention des risques d'origine humaine
Protection de l'environnement : qualité de l'air, seuils d'acceptabilité, pollutions...

<b>Discipline : enseignement d'exploration Sciences et laboratoire</b>
Thème : Atmosphère terrestre - L'air : qualité de l'air, pollution

## Fiche enseignant

Thème : Prévention des pollutions et des risques - Chimie et environnement : COV

Thème : Informations et communications

- Prélever des informations : capteurs
- Traiter des informations : numérisation, bruit, compression
- Transmettre des informations : Transmission par ondes, par courants porteurs

PREMIÈRE ET TERMINALE S

<b>Discipline : Mathématiques</b>	
<i>Première S</i>	
Thème : Statistiques et probabilités	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
<p><b>Statistique descriptive, analyse de données</b> Caractéristiques de dispersion : variance, écart-type. Diagramme en boîte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Utiliser de façon appropriée les deux couples usuels qui permettent de résumer une série statistique : (moyenne, écart-type) et (médiane, écart interquartile).</li> <li>● Étudier une série statistique ou mener une comparaison pertinente de deux séries statistiques à l'aide d'un logiciel ou d'une calculatrice.</li> </ul>
<p><b>Échantillonnage</b> Utilisation de la loi binomiale pour une prise de décision à partir d'une fréquence.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Exploiter l'intervalle de fluctuation à un seuil donné, déterminé à l'aide de la loi binomiale, pour rejeter ou non une hypothèse sur une proportion.</li> </ul>

<b>Discipline : Physique-chimie</b>	
<i>Première S</i>	
Thème : Comprendre - Sources de lumière colorées	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
<p>Interaction lumière-matière : émission et absorption. Quantification des niveaux d'énergie de la matière. Modèle corpusculaire de la lumière : le photon. Énergie d'un photon.</p>	<p>Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière. Connaître les relations <math>\lambda = c/\nu</math> et <math>\Delta E = h\nu</math> et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.</p>

*Xperium saison 2*

Quels défis pour Rêv3r ? - Des innovations pour un monde durable et connecté

8/12



## Fiche enseignant

Relation $\Delta E = h\nu$ dans les échanges d'énergie.	
Thème : AGIR	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
<p><b>Créer et innover</b>            Culture scientifique et technique ; relation science-société.            Métiers de l'activité scientifique (partenariat avec une institution de recherche, une entreprise, etc.).</p>	<p>Réinvestir la démarche scientifique sur des projets de classe ou de groupes.            Comprendre les interactions entre la science et la société sur quelques exemples.            Communiquer sur la science par exemple en participant à des actions de promotion de la culture scientifique et technique.            Recueillir et exploiter des informations sur l'actualité scientifique et technologique, sur des métiers ou des formations scientifiques et techniques en lien avec des ressources locales.</p>
<i>Terminale S</i>	
Thème : AGIR - Transmettre et stocker de l'information	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
<p><b>Chaîne de transmission d'informations</b></p>	<p>Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations.            Recueillir et exploiter des informations concernant des éléments de chaînes de transmission d'informations et leur évolution récente.</p>
<p><b>Signal analogique et signal numérique</b>            Conversion d'un signal analogique en signal numérique.            Échantillonnage ; quantification ; numérisation.</p>	<p>Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.            Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un échantillonneur-bloqueur et/ou un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore par exemple).</p>
<p><b>Procédés physiques de transmission</b>            Propagation libre et propagation guidée.            Transmission :            - par câble ;            - par fibre optique : notion de mode ;            - transmission hertzienne.</p>	<p>Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission.            Caractériser une transmission numérique par son débit binaire.            Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation.</p>

## Fiche enseignant

Débit binaire. Atténuations.	Mettre en œuvre un dispositif de transmission de données (câble, fibre optique).
<b>Créer et innover</b> Culture scientifique et technique ; relation science-société. Métiers de l'activité scientifique (partenariat avec une institution de recherche, une entreprise, etc.).	Rédiger une synthèse de documents pouvant porter sur : - l'actualité scientifique et technologique ; - des métiers ou des formations scientifiques et techniques ; - les interactions entre la science et la société.

<b>Discipline : Spécialité Informatique et Sciences du Numérique</b>	
<i>Terminale S</i>	
Thème : Représentation de l'information	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
<b>Numérisation</b> L'ordinateur manipule uniquement des valeurs numériques. Une étape de numérisation des objets du monde physique est donc indispensable.	Coder un nombre, un caractère au travers d'un code standard, un texte sous forme d'une liste de valeurs numériques. Numériser une image ou un son sous forme d'un tableau de valeurs numériques. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Modifier format, taille, contraste ou luminance d'images numériques.</li> <li>● Filtrer et détecter des informations spécifiques.</li> <li>● Créer une image à l'aide d'un logiciel de modélisation.</li> </ul>
<b>Formats</b> Les données numériques sont agencées de manière à en faciliter le stockage et le traitement. L'organisation des données numériques respecte des formats qui sont soit des standards de fait, soit des normes.	Identifier quelques formats de documents, d'images, de données sonores. Choisir un format approprié par rapport à un usage ou un besoin, à une qualité, à des limites. Utiliser un logiciel de compression.
Thème : Réseaux	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
<b>Transmission point à point</b> Principes de base d'une transmission d'informations numériques entre un émetteur et	Établir une communication sérielle entre deux machines.

## Fiche enseignant

un récepteur.	
<b>Adressage sur un réseau</b> Mécanismes d'adressage pour identifier des machines distantes.	Décrire une situation d'adressage sur un type de réseau particulier. Analyser le trafic (trames) sur un réseau et mettre ainsi en évidence la notion de protocole.
<b>Routage</b> Mécanismes induits par la communication sur un réseau dont la structure est de type graphe. Notions de paquets, de chemins, de routage.	Analyser les entêtes de messages électroniques, pour décrire le chemin suivi par l'information.

PREMIERE ET TERMINALE STI2D

<b>Discipline : Physique-chimie</b>	
<i>Première STI2D</i>	
Thème : Vêtement et revêtement	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
Analyser des risques Règlement CLP européen, produits inflammables, point éclair, toxicité des composés, VME, VLE, dose létale.	- Reconnaître les pictogrammes, les classes de danger, et les conseils de prudence et de prévention. - Adapter son attitude aux pictogrammes et aux étiquettes des espèces chimiques.
<i>Terminale STI2D</i>	
Thème : Incertitudes	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
Erreurs et notions associées	- Identifier les différentes sources d'erreur (de limites à la précision) lors d'une mesure : variabilité du phénomène et de l'acte de mesure (facteurs liés à l'opérateur, aux instruments, etc.).
Incertitudes et notions associées	- Évaluer les incertitudes associées à chaque source d'erreur. - Comparer le poids des différentes sources d'erreur. - Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation fournie. - Évaluer l'incertitude d'une mesure unique

*Xperium saison 2*

Quels défis pour Rêv3r ? - Des innovations pour un monde durable et connecté

11/12

## Fiche enseignant

	<p>obtenue à l'aide d'un instrument de mesure.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.</li> </ul>
Expression et acceptabilité du résultat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maîtriser l'usage des chiffres significatifs et l'écriture scientifique. Associer l'incertitude à cette écriture.</li> <li>- Exprimer le résultat d'une opération de mesure par une valeur issue éventuellement d'une moyenne et une incertitude de mesure associée à un niveau de confiance.</li> <li>- Évaluer la précision relative.</li> <li>- Déterminer les mesures à conserver en fonction d'un critère donné.</li> <li>- Commenter le résultat d'une opération de mesure en le comparant à une valeur de référence.</li> <li>- Faire des propositions pour améliorer la démarche.</li> </ul>
Thème : Habitat	
<u>Connaissances</u>	<u>Capacités ou compétences</u>
<p><b>La communication dans l'habitat</b></p> <p>Mesure des grandeurs physiques dans l'habitat.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer quelques exemples de capteurs et de détecteurs utilisés dans l'habitat.</li> <li>- Préciser les grandeurs d'entrée et de sortie ainsi que le phénomène physique auquel la grandeur d'entrée est sensible.</li> <li>- Distinguer les deux types de grandeurs : analogiques ou numériques.</li> <li>- Mettre en œuvre expérimentalement une chaîne de mesure simple utilisée en communication dans l'habitat.</li> </ul>