

Fiches méthodologiques pour les T.P.E.

M. Suet

TABLE DES MATIÈRES

1	Comment se documenter sur un thème ?	4
1.1	La recherche bibliographique	4
1.1.1	Définir l'objectif de recherche	4
1.1.2	Rechercher l'information bibliographique	4
1.1.3	Choisir les sources et les recouper	5
1.1.4	Garder les références et exploiter les données	6
1.2	La recherche documentaire sur internet	7
1.2.1	Vous connaissez l'adresse d'un site	7
1.2.2	Vous ne connaissez pas d'adresse	8
1.3	Les contacts extérieurs et l'enquête locale	8
1.3.1	Trouver les interlocuteurs appropriés, les contacter et poser les bonnes questions	8
1.3.2	Préparer un rendez-vous ou une visite	9
1.3.3	Mener une étude de terrain	9
2	Comment concevoir et réaliser une expérimentation ?	10
2.1	La démarche expérimentale	10
2.1.1	Les grandes étapes d'une démarche expérimentale	10
2.1.2	Formuler des hypothèses	10
2.1.3	Concevoir des protocoles	10
2.1.4	Analyser les résultats obtenus	11
2.1.5	Interpréter les résultats, critiquer l'expérience et poser de nouveaux problèmes	11
2.2	Le matériel expérimental et la conduite d'une expérimentation	12
2.2.1	Adapter les protocoles	12
2.2.2	Utiliser correctement le matériel	12
2.2.3	Tenir compte de l'utilisation des locaux	12
2.3	La réalisation de modèles analogiques	13
2.3.1	Le principe des modèles analogiques	13
2.3.2	Les problèmes des dimensions	13
2.3.3	Confronter les résultats observés au phénomène modélisé	14
3	Comment présenter et traiter des résultats numériques ?	15
3.1	Tableaux et graphiques	15
3.1.1	Tableau chronologique	15
3.1.2	Tableau des effectifs et diagramme en bâtons	15
3.1.3	Tableau récapitulatif et histogramme	15
3.2	Moyenne et écart-type	16
3.2.1	Moyenne	16
3.2.2	Ecart-type	16

4	Comment garder la trace et rendre compte du travail effectué ?	17
4.1	Le carnet de bord	17
4.1.1	Le carnet de bord doit être organisé	17
4.1.2	Garder la trace précise et exploitable de chaque activité	18
4.1.3	Tenir le cahier de bord du travail expérimental ou d'enquête locale	18
4.2	Le rapport écrit et la présentation orale	19
4.2.1	Le rapport écrit	19
4.2.2	La présentation orale	21

1.1. La recherche bibliographique

La recherche, le choix et l'exploitation des sources d'information bibliographiques prennent du temps et doivent être menés avec méthode. L'aide des documentalistes et les outils informatiques qui permettent d'explorer le catalogue d'une bibliothèque facilitent le travail. Il est important de bien définir l'objectif d'une recherche documentaire avant de l'entreprendre et d'être suffisamment sélectif pour ne pas être submergé de données.

1.1.1 Définir l'objectif de recherche

On peut définir de la recherche par une série de mots-clés. Commençons par ceux présents dans les thèmes. L'exploitation des sources générales donnent, ensuite, des mots-clés plus précis dans le cadre de votre propre sujet. Soyez attentif aux **références** données par les ouvrages ou articles que vous consultez ; si elles vous paraissent intéressantes, cherchez-les aussi.

Conseils

- Vous ferez des recherches aussi bien au CDI qu'en bibliothèque ou internet. Sachez qu'il est parfois plus rapide et plus efficace de consulter un ouvrage ou une revue que de naviguer sur internet où vous risquez d'être emmené très loin du sujet.
- Il n'est pas toujours facile de trouver une information et de savoir l'exploiter. De plus, les sources d'informations sont plus ou moins fiables. Demandez toujours à vos enseignants ou aux personnes qualifiées que vous rencontrerez dans le cadre de votre enquête de vous conseiller des sources bibliographiques.

1.1.2 Rechercher l'information bibliographique

• Au CDI


Le CDI de votre établissement est toujours la première étape de la recherche. Vous y trouvez des documents imprimés, audiovisuels et informatisés sur tous les domaines. Il s'agit de sources fiables et d'un niveau accessible. Les documentalistes du CDI seront vos interlocuteurs privilégiés.

• Dans les bibliothèques municipales ou généralistes

Des documents sont disponibles dans les bibliothèques municipales, qui existent dans toutes les communes de taille assez importante et sont ouvertes à tous. A Paris, la Bibliothèque Publique d'Information du Centre Pompidou, la Bibliothèque Nationale de France (BNF) et la médiathèque de la Cité des Sciences à la Villette (spécialisée dans les sciences et les techniques), permettent d'accéder à des collections extrêmement riches et sont ouvertes y compris les samedis et les dimanches.

- **Dans les bibliothèques universitaires et spécialisées**

Dans les grandes villes surtout, il existe de très nombreuses bibliothèques spécialisées, dépendant d'entreprises ou d'administrations et plus ou moins accessibles au public, ainsi que des bibliothèques universitaires, surtout destinées aux étudiantes. Sauf exception, vous n'aurez intérêt à vous y adresser que pour trouver un document très précis dont vous avez les références. Assurez-vous des conditions d'accès avant de faire le déplacement.

 **Sitographie :**

- *Bibliothèque Publique d'information* : <http://www.bpi.fr>
- *Bibliothèque Nationale de France* : <http://gallica.bnf.fr>
- *Médiathèque de la Cité des Sciences* : <http://www.cite-sciences.fr>

1.1.3 Choisir les sources et les recouper

- **Les dictionnaires, les encyclopédies et les atlas**

Il est conseillé de démarrer une recherche documentaire par des ouvrages généraux tels que les dictionnaires et les encyclopédies. Les atlas fournissent toutes sortes de cartes thématiques.

 **Sitographie :**

- *Wikipedia* : <http://fr.wikipedia.org/>
- *Sciences en ligne* : <http://www.sciences-en-ligne.com/>
- *Grand dictionnaire* : <http://www.granddictionnaire.com>

- **Les ouvrages spécialisés et les revues scientifiques**

Vous les trouverez aux rayons correspondant à la spécialité. Pour accéder rapidement à l'information que vous cherchez, consultez la table des matières/ou l'index. Vous pouvez aussi mener la recherche documentaire grâce à des outils informatiques. Au CDI, utilisez la recherche documentaire assisté par ordinateur (RDAO). La plupart des bibliothèques ont des catalogues informatisés d'une utilisation simple permettant d'accéder à des ouvrages ou à des articles grâce à des mots-clés. Demandez conseil aux documentalistes.

Les revues telles que Pour la Science, La Recherche, Sciences et Vie, Sciences et Avenir sont des sources exploitables. Consultez les index des articles parus, disponibles aussi sur les sites internet de ces revues. Vous trouverez également en ligne beaucoup d'informations consultables.

 **Sitographie :**

- *Pour la Science* : <http://www.pourlascience.fr>
- *Science et Vie* : <http://www.science-et-vie.com>
- *Science et Vie Junior* : <http://www.labosvj.fr>
- *Sciences et Avenir* : <http://www.sciencesetavenir.fr>
- *La recherche* : <http://www.larecherche.fr>

• **Les manuels scolaires**

Ne négligez pas l'exploitation de manuels scolaires en sciences physiques et sciences de la vie et de la terre, qui fournissent en particulier des protocoles utilisables pour les expérimentations. Dans vos lycées, les laboratoires disposent en général de nombreux manuels de travaux pratiques. Demandez conseil à vos professeurs.

• **Les organismes de recherche**

Les organismes de recherche possèdent des services de communication auxquels vous pouvez vous adresser. La plupart pourront vous fournir de la documentation. Une fois votre sujet bien défini, adressez-vous à eux pour obtenir des renseignements plus précis et même des adresses de laboratoires spécialisés.

 **Sitographie :**

- *INRA* : <http://www.inra.fr>
- *INSERM* : <http://www.inserm.fr>
- *CNRS* : <http://www.cnrs.fr>
- *IFREMER* : <http://wwwz.ifremer.fr>
- *CEA* : <http://www.cea.fr>
- *IRD* : <http://www.ird.fr>

1.1.4 Garder les références et exploiter les données

Lorsque vous avez trouvé une source intéressante, notez soigneusement les références dans votre carnet de bord. Faites-en éventuellement une photocopie et notez la référence sur celle-ci, en respectant la présentation.

Pour pouvoir exploiter efficacement les informations, la rédaction d'une fiche de lecture avec les données essentielles vous sera très utile. Elle fera aussi partie de votre carnet de bord.

Conseils

Il faut toujours s'efforcer de recouper les informations bibliographiques : ne vous contentez pas, si possible, d'une seule source. Privilégiez les informations récentes (notez la date de la publication y compris sur vos photocopies), mais ce ne doit pas être le seul critère de choix.

C'est en faisant la synthèse des informations récoltées à des sources variées que vous pourrez dégager une problématique, donnant lieu à une expérimentation et/ou à une enquête locale.

1.2. La recherche documentaire sur internet

Internet, c'est un vaste réseau d'ordinateurs communiquant entre eux. Des sites créés par des professionnels ou par des particuliers sont hébergés sur des serveurs et sont accessibles à chaque internaute par l'intermédiaire d'une adresse. On trouve des sites sur tous les sujets. Vous pouvez avoir accès à une quantité énorme d'informations. Le nombre de pages se trouvant sur le net dépasserait le milliard. Pour dénicher les documents sur les sujets qui vous intéressent, suivez les étapes indiquées ci-dessus.

Conseils

Une information trouvée sur internet n'est pas toujours très fiable. En effet, il n'existe aucun contrôle sur les documents disponibles. Faites preuve d'esprit critique et examinez avec beaucoup d'attention l'origine des informations même pour wikipédia. Privilégiez les sites d'organisme de recherche (CNRS, INSERM, INRA, etc.), d'institutions ou de revues spécialisées par rapport aux sites provenant de particuliers ou à contenu publicitaire.

1.2.1 Vous connaissez l'adresse d'un site

Lancez votre **navigateur**, tapez l'adresse dans la fenêtre prévue à cet effet, appuyez sur la touche : Entrée. La page d'accueil s'affiche. Vous pouvez remarquer des mots écrits le plus souvent en bleu et/ou soulignés, ils sont appelés **liens**. En cliquant dessus, vous accédez à d'autres pages du site ou même à d'autres sites donnant des informations supplémentaires correspondant au

mot souligné. Grâce à la **barre de navigation** située en haut de la page, vous pouvez “surfer” sur le net : revenir à la page précédente, aller à la page d’accueil du site, imprimer la page affichée...

1.2.2 Vous ne connaissez pas d’adresse

Il faut utiliser un **moteur de recherche** “robot” qui sélectionne les pages web concernant ce mot-clé. Le moteur propose alors une liste de sites. Vous pouvez y accéder en cliquant sur les liens. Parfois, il est utile d’effectuer des recherches à l’aide plusieurs moteurs de recherche car tous ne donneront pas les mêmes résultats. On peut aussi utiliser des méta-moteurs (comme Copernic), qui lancent un ensemble de moteurs et réalisent une synthèse des résultats obtenus.



Sitographie :

- *Google* : <http://www.google.fr>
- *Yahoo* : <https://fr.yahoo.com>
- *Lycos* : <http://www.lycos.fr>

1.3. Les contacts extérieurs et l’enquête locale

Vous serez amené à chercher des informations, complémentaires des informations bibliographiques que vous devez explorer en premier, auprès d’interlocuteurs extérieurs connaissant le domaine sur lequel vous travaillez. La qualité des informations et de l’aide éventuelle que vous obtiendrez dépend du choix de ces interlocuteurs, de la pertinence et de la précision de vos questions, ainsi que la relations que vous établirez avec eux.

Pour certains sujets, une étude ou une enquête de terrain, en autonomie complète, sont nécessaires. Leur réussite nécessite de respecter certaines règles. Dans tous les cas, le travail à l’extérieur de l’établissement doit tenir compte des contraintes générales d’emploi du temps et de sécurité (assurances...) établies par l’équipe pédagogique.

1.3.1 Trouver les interlocuteurs appropriés, les contacter et poser les bonnes questions

- **Les dictionnaires, les encyclopédies et les atlas**

Il est conseillé de démarrer une recherche documentaire par des ouvrages généraux tels que les dictionnaires et les encyclopédies. Les atlas fournissent toutes sortes de cartes thématiques.

- **Savoir qui contacter**

Les interlocuteurs compétents peuvent avoir des spécialités professionnelles ou scientifiques extrêmement variées. Lorsque vous ne les connais-

sez pas directement, contactez des entreprises ou des institutions impliquées dans le domaine (par exemple des organismes de recherche). Il faut, dans ce cas, s'adresser au service des relations extérieures ou de la communication, qui pourra vous mettre en relation avec le bon interlocuteur.

- **Formuler clairement et courtoisement votre demande**

Il est préférable de s'adresser d'abord par écrit (lettre ou message électronique) à la personne contactée. Il faut dans ce cas :

- donner les coordonnées où vous joindre ;
- vous présenter et exposer brièvement votre projet ;
- formuler votre demande (informations, documentation, rendez-vous, visite d'entreprise ou laboratoire...), en précisant vos échéances et vos disponibilités ;
- remercier et saluer.

1.3.2 Préparer un rendez-vous ou une visite

Avant de vous déplacer, vous devez préparer les questions que vous allez poser et réfléchir à ce que vous attendez précisément de vos interlocuteurs. Il faut, si possible, vous munir d'un appareil photographique, noter tout ce que vous verrez et entendrez, recueillir sur place toute la documentation disponible (brochures...). N'oubliez pas de noter les noms et la fonction de vos interlocuteurs, qu'il ne faudra pas oublier de remercier, par écrit, ensuite.

1.3.3 Mener une étude de terrain

- **Préparer et organiser l'étude**

- L'**objectif** d'une étude de terrain doit être déterminé à l'avance : il faut réfléchir à la nature des observations, relevés, mesures ou enregistrements que vous comptez effectuer.
- L'étude de **cartes** peut être un préalable nécessaire.
- Vous devez vous munir de tout le **matériel** dont vous aurez besoin sur place : appareil photo, carte, boussole, mètre, thermomètre, niveau à bulle, marteau de géologue, sacs ou récipients pour les échantillons et de quoi les identifier...
- Penser à une **tenue vestimentaire** adaptée à l'endroit et à la météo.

- **Garder une trace de vos observations**

- Situez sur une carte le lieu précis de l'observation. Faites sur place des **croquis** de ce que vous observez (indiquer l'**échelle** et éventuellement l'**orientation**). Si vous prenez des **photos**, soyez attentif à l'éclairage et pensez à donner l'échelle à l'aide d'un objet usuel. Notez précisément sur un croquis et/ou sur la carte, l'endroit d'où vous prenez les photos.
- Identifier clairement les échantillons prélevés.

2.1. La démarche expérimentale

L'analyse d'un phénomène, quelle que soit son échelle, nécessite parfois une approche expérimentale. Dans le cadre des TPE, cette approche doit rester modeste compte tenu des moyens techniques dont vous disposez au Lycée, mais elle doit être rigoureuse. Le mode opératoire de ces expériences est le protocole. On enregistre ensuite les résultats de ces expériences. L'interprétation des résultats permet de valider ou de réfuter l'hypothèse de départ et entraîne nouvelles questions et hypothèses.

2.1.1 Les grandes étapes d'une démarche expérimentale

Le **but** d'une expérimentation est toujours de répondre à une **question**, qui doit être très précise et très simple. Cette question est suscitée par le constat préalable d'un certain nombre de **faits**.

On élabore des réponses plausibles à ces questions : ce sont les **hypothèses**. On imagine ensuite des **expériences** permettant de valider ou de réfuter ces hypothèses. Le mode opératoire de ces expériences est le **protocole**. On enregistre ensuite les **résultats** de ces expériences. L'**interprétation** des résultats permet de valider ou de réfuter l'hypothèse de départ et entraîne souvent de nouvelles questions.

2.1.2 Formuler des hypothèses

Pour formuler des hypothèses, il faut faire appel à votre bon sens, à votre imagination, à vos connaissances, et utiliser les informations recueillies au cours de votre enquête de terrain ou de votre travail de documentation.

2.1.3 Concevoir des protocoles

Une fois une hypothèse élaborée, il faut concevoir une expérience qui permette de tester sa validité. Pour cela, il faut imaginer des **conséquences prévisibles** (et **vérifiables**) de l'hypothèse formulée, et mettre au point un **protocole** permettant de la réfuter ou pas. Tous les paramètres du dispositif expérimental doivent être parfaitement contrôlés. **On ne doit faire varier qu'un seul paramètre à la fois.**

Dans toute la mesure du possible, **il faut chercher à obtenir des résultats quantitatifs, donc mesurables. Compte tenu des incertitudes expérimentales d'une part**, la variabilité du matériel biologique d'autre part, il est souhaitable de renouveler plusieurs fois l'expérience, ou d'utiliser des **lots d'échantillons équivalents** sur lesquels on effectue la même mesure.

Conseils

C'est la connaissance et la maîtrise des paramètres connus qui permettent de répéter une expérience. Il est impossible le plus souvent de connaître tous les paramètres qui influent sur un phénomène et de prévoir l'évolution du matériel au cours du temps : il est donc impératif de faire des expériences témoin. Le dispositif témoin est placé dans les mêmes conditions que les échantillons expérimentaux, mais on ne fait pas varier le paramètre étudié.

2.1.4 Analyser les résultats obtenus

- **Le relevé**

Les résultats doivent être consignés avec beaucoup de précision et de rigueur dans le carnet de bord. Outre les valeurs mesurées, les dates et heures des mesures, il faut noter scrupuleusement toutes les observations effectuées. Elles peuvent être indispensables pour l'interprétation des résultats.

- **La mise en forme**

Les résultats sont ordonnés sous forme de tableaux chronologiques. On peut construire **différents types de graphiques** à partir des valeurs obtenues.

Quand on a pu effectuer des répétitions, les graphiques s'appuieront sur les valeurs **moyennes** et on indiquera la **dispersion des résultats** par une barre indiquant les valeurs extrêmes relevées pour chaque point. Le calcul de l'**écart-type** des valeurs mesurées donne plus de précision.

- **L'analyse proprement dite**

Une fois les résultats mis en forme, on peut faire des constats et établir des corrélations entre l'évolution de différents paramètres mesurés.

2.1.5 Interpréter les résultats, critiquer l'expérience et poser de nouveaux problèmes

L'interprétation des résultats est la mise en relation logique de ces résultats entre eux, avec les conditions expérimentales et avec les connaissances scientifiques. L'interprétation des résultats doit être critique. Il faut se garder des interprétations abusives car trop rapides ou superficielles. L'important n'est pas que la ou les hypothèses émises soient ou non réfutées, mais que le phénomène étudié, ou au moins certains de ses aspects, soit mieux compris qu'au départ.

Les problèmes nouveaux soulevés par l'interprétation des résultats pourraient à leur tour donner lieu à une approche expérimentale (bien que ce ne soit pas toujours réalisable pour des questions de temps ou de matériel de TPE). Cela conduit à élargir le problème de départ.

2.2. Le matériel expérimental et la conduite d'une expérimentation

Une fois les grandes lignes de la démarche expérimentale définies, la mise en place du travail expérimental proprement dit pose des problèmes concrets, techniques et matériels, qu'il faut gérer efficacement.

2.2.1 Adapter les protocoles

Pour atteindre votre propre objectif expérimental, vous pouvez être conduits à utiliser des protocoles classiques que vous devrez adapter à votre sujet.

Dans le choix des protocoles à adapter, il faut faire preuve de réalisme : tenir compte de la complexité du montage, de la durée de l'expérience, du coût éventuel des réactifs et, de façon générale, des possibilités du laboratoire du Lycée. Tenez compte en particulier des périodes de vacances lorsque vous entreprenez des expériences de longue durée.

2.2.2 Utiliser correctement le matériel

Vous serez peut-être amené à utiliser des appareils tels qu'un spectromètre, dispositifs divers d'expérimentation assistée par ordinateur (EXAO), appareil à électrophones, pH-mètre, conductimètre, centrifugeuse, étuve, etc. Pensez à lire très attentivement les modes d'emploi avant de les utiliser. Outre l'intérêt pratique majeur de cette précaution, la connaissance du principe technique de l'appareillage que vous utilisez fait partie de ce qu'on peut attendre de vous en TPE.

2.2.3 Tenir compte de l'utilisation des locaux

Une fois votre expérimentation terminée, ou à la fin de chaque séance, pensez à débarrasser tout ce qui peut l'être (pour les produits chimiques, tenez compte des précautions à prendre). Nettoyez et rangez le matériel suivant les consignes du personnel de laboratoire et de vos professeurs. Les expériences de longue durée dont le montage reste au lycée doivent porter une étiquette correctement renseignée (Noms, classe, dates de début et de fin prévue de l'expérience).

2.3. La réalisation de modèles analogiques

Pour tester des hypothèses explicatives d'un phénomène, on peut imaginer et construire des dispositifs plus simples et à une échelle plus accessible à l'observation directe que les phénomènes étudiés. Ces dispositifs constituent des modèles analogiques.

2.3.1 Le principe des modèles analogiques

Certains phénomènes complexes et/ou de grande ampleur (par exemple les courants océanographiques ou atmosphériques, la circulation des nappes phréatiques, etc. ou même la circulation de la sève) ne se prêtent pas à une expérimentation directe en laboratoire, dans la mesure où il n'est pas possible de jouer sur les paramètres quant à ses mécanismes. Pour que ces hypothèses soient raisonnables, il est indispensable de disposer du maximum de données concernant le phénomène. Pour concevoir un modèle analogique, il faut donc très bien connaître le phénomène modélisé.

Les chercheurs qui pratiquent ce genre de démarche s'appuient sur des observations et des mesures effectuées par différents moyens. Dans le cadre des TPE, avant d'entreprendre une modélisation, vous devrez aussi réunir des informations, acquises soit par des observations directes que vous pourrez faire, soit grâce à la bibliographie.

2.3.2 Les problèmes des dimensions

Pour réaliser un modèle analogique, il faut tenir compte des dimensions. Un modèle analogique est toujours une représentation simplifiée de la réalité, à une échelle très différente. La durée de l'expérimentation est elle aussi en général différente de celle des phénomènes utilisés.

Les modèles analogiques sont, soit beaucoup plus petits que la réalité (c'est le cas pour la modélisation des courants), soit beaucoup plus grands (cas des modèles utilisés pour les échanges cellulaires par exemple). Une difficulté importante est celle du respect de la même échelle dans toutes les dimensions des structures modélisées, ce qui est le plus souvent impossible.

La modélisation des dimensions spatiales entraîne des modifications dans le déroulement et la durée des phénomènes, souvent très difficiles à quantifier. La démarche de modélisation analogique permet néanmoins d'apporter quelques éléments de réponse sur la validité des hypothèses testées.

Dans l'interprétation des résultats d'une expérience de modélisation, il ne faut jamais perdre de vue que le modèle est une simplification extrême de la réalité, où il est impossible de prendre en compte simultanément tous les paramètres du phénomène étudié.

2.3.3 Confronter les résultats observés au phénomène modélisé

Pour valider un modèle analogique, il faut confronter les résultats observés au phénomène modélisé. L'interprétation des résultats d'une expérience de modélisation permet dans certains cas de prévoir des caractéristiques non encore directement mesurées du phénomène modélisé (ou non prises en compte lors de la conception du modèle). La validation du modèle n'est acquise que si la confrontation des prédictions du modèle avec la réalité donne les résultats attendus. Sans cela, le modèle risque de n'être qu'une caricature sans grand intérêt.

Un modèle reste valable tant que des données de la réalité n'apparaissent pas en contradiction avec ses prédictions.

3 COMMENT PRÉSENTER ET TRAITER DES RÉSULTATS NUMÉRIQUES ?

Pour présenter des valeurs numériques obtenues et faciliter leur interprétation, on les ordonne sous forme de tableaux et on construit des représentations graphiques. Différents logiciels tels que EXCEL facilitent beaucoup le traitement des données.

3.1. Tableaux et graphiques

3.1.1 Tableau chronologique

Dans un premier temps, on note les valeurs x_1, \dots, x_n prises par la variable x simplement dans l'ordre chronologique de leur obtention.

On indique l'unité de la valeur utilisée.

Ces valeurs doivent être données avec un certain nombre de chiffres significatifs (pour tenir compte de la précision des appareils de mesure)

3.1.2 Tableau des effectifs et diagramme en bâtons

Si une valeur x_k est obtenue plusieurs fois, on appelle **effectif** le nombre n_k de fois où x prend la valeur x_k .

On appelle **fréquence** de la valeur x_k le rapport $f_k = \frac{n_k}{n}$.

On peut ranger les valeurs prises par la variable x dans l'ordre croissant : $x_1 < x_2 < \dots < x_p$ et les placer dans la première colonne d'un tableau. Dans la deuxième colonne, on note en face de x_k son effectif n_k et dans la troisième colonne la fréquence f_k de la valeur x_k .

La somme des effectifs n_k est égale à la taille n de l'échantillon observé, la somme des fréquences est égale à 1.

On peut représenter ce tableau par un graphique. On reporte en abscisses les valeurs x_1, \dots, x_p prise par x et en ordonnées des longueurs proportionnelles aux effectifs correspondants n_1, \dots, n_p (ou aux fréquences f_1, \dots, f_p).

On obtient un **diagramme en bâtons**.

3.1.3 Tableau récapitulatif et histogramme

Lorsque les valeurs prises par x sont nombreuses, on peut simplifier le tableau précédent.

Si x prend ses valeurs dans un intervalle I , on découpe cet intervalle en classe. On place ces intervalles dans la première colonne d'un tableau. Dans la deuxième, on note son effectif. Et dans la troisième colonne, la fréquence correspondante.

On peut représenter ce tableau par un **histogramme**.

3.2. Moyenne et écart-type

3.2.1 Moyenne

Lorsqu'on dispose de n valeurs de la variable x dans un échantillon considéré comme homogène (par exemple la taille de n élèves de même âge), une manière naturelle de résumer les n valeurs de la variable x est de faire la moyenne notée m des valeurs prises par x .

Si les valeurs de x sont x, \dots, x_n , alors

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

3.2.2 Ecart-type

Pour mesurer la dispersion des valeurs de x , on peut calculer son écart-type s tel que

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_i^n (x_i - m)^2$$

En général, l'intervalle $[-s, s]$ contient environ 2/3 des valeurs de x .

Les fonctions MOYENNE et ECARTYPE d'EXCEL permettent de calculer la moyenne et l'écart-type des variables étudiées.

4 COMMENT GARDER LA TRACE ET RENDRE COMPTE DU TRAVAIL EFFECTUÉ ?

4.1. Le carnet de bord

Tout au long du travail de TPE, vous devez garder une trace écrite de vos activités dans le **carnet de bord**. Ce document individuel permet de garder la mémoire des étapes de la réflexion, des difficultés et des acquis du travail. Il est indispensable pour la rédaction du rapport écrit et il est un des éléments de l'évaluation de votre travail. Il doit être tenu avec grand soin, en respectant les consignes formelles éventuellement données par vos enseignants. De façon générale, il est préférable que ce soit un **cahier** broché de grand format (plutôt qu'un classeur ou qu'un cahier à spirales)

4.1.1 Le carnet de bord doit être organisé

Dans le cadre des TPE, vous serez amené à développer des activités de natures différentes : recherches bibliographiques, contacts extérieurs, travail expérimental, réflexion individuelle et avec les autres membres du groupe, réflexion et **bilans** avec vos enseignants, etc. Chaque activité doit donner lieu à un compte-rendu dans le carnet de bord.

- Ce document peut être organisé de façon exclusivement **chronologique** : vous indiquerez la **date** de chaque activité dont vous donnez le compte-rendu, quelle que soit sa nature. Un **code couleur** dans le titre peut faciliter la consultation.
- Vous pouvez aussi diviser le carnet de bord en **sections** (ou bien utiliser plusieurs cahiers plus petits pour les différents activités). Dans chaque section, il faudra scrupuleusement noter aussi les dates des activités.
- Un **planning** de travail, avec des échéances intermédiaires, doit être élaboré et figurer dans le carnet de bord. Les dates prévues et les dates effectives de fin de chaque étape doivent être consignées.

Conseils

Prenez régulièrement rendez-vous avec vos professeurs pour faire le point de l'avancement de vos recherches. N'hésitez pas à leur donner conseil à toutes les étapes de votre travail. Ils sont là pour vous guider.

4.1.2 Garder la trace précise et exploitable de chaque activité

Pour les **recherches bibliographiques**, notez les références précises de l'article ou de l'ouvrage consulté. Respectez la présentation des éditeurs :

- Pour un livre : Auteurs (initiales suivies du nom), titre en italique, éditeur, année de parution, pages ainsi que le cas échéant la bibliothèque où vous l'avez trouvé et sa cote.
- Pour un article : Auteurs (initiales suivies du nom), titre de l'article (entre guillemets), titre de la revue (en italique), numéro ou volume, date de parution (jour ou mois de l'année), pages.

Une **fiche de lecture** donnera l'essentiel du contenu. Si vous photocopiez des articles, indiquez sur la photocopie les références complètes de la source bibliographique. Prévoyez un classeur spécial (qui peut être commun à tous les membres du groupe) pour ces photocopies.

Pour les **recherches sur internet**, notez l'adresse du site, sa nature (nom de l'institution qui gère le site, le cas échéant) et son organisation afin de pouvoir retrouver facilement les informations. Faire un bref résumé du contenu qui vous intéresse.

Pour les **contacts extérieurs**, notez les coordonnées précises (Nom, prénom, fonction, adresse et n° de téléphone professionnels, adresse électronique, etc.) de tous vos interlocuteurs, ainsi que celles des services dans lesquels ils travaillent. Gardez les lettres et messages échangés.

Conseils

Il est particulièrement important de consigner en cours de route, et avec précision, les bilans du travail effectué, établis individuellement, en groupe et/ou avec vos enseignants. C'est là que les difficultés se précisent et que de nouvelles pistes peuvent être suggérées. C'est en vous confrontant à des erreurs, identifiées comme telles, que vous pourrez les surmonter. Vous avez tout à fait le droit de vous tromper ; l'essentiel est de tirer les leçons des erreurs ou des insuffisances de votre démarche pour pouvoir l'améliorer.

4.1.3 Tenir le cahier de bord du travail expérimental ou d'enquête locale

Le carnet de bord du travail expérimental ou de l'enquête locale doit être tenu de façon particulièrement rigoureuse.

- **Le travail expérimental**

Pour rendre possible l'interprétation et l'exploitation des résultats obtenus, toutes les conditions expérimentales doivent être connues. Il faut donc les noter dans tous les détails :

– Protocole précis (avec références bibliographiques éventuellement).
Faites des **schémas** des montages expérimentaux, prenez des **photos** des résultats.

– Marques et quantités des produits utilisés (gardez les fiches de matériel). Anomalies éventuelles dans le déroulement des expériences ou dans les mesures (n'oubliez pas de préciser les **unités** !)

Certains documents (fiches de matériel, EXAO, photos, dispositifs expérimentaux, échantillons divers, etc.) n'existeront qu'en un exemplaire pour le groupe. Un classeur spécial, clairement organisé et tenu avec beaucoup de soin, doit regrouper les documents papier dont certains seront précieux pour le rapport final et la présentation orale. Le reste du matériel doit être regroupé et soigneusement conservé.

- **L'enquête locale**

Le dépouillement et l'interprétation des données recueillies ne seront possibles que si les données sont complètes et fiables. Notez tout et conservez jusqu'à la fin du travail tous les documents recueillis, soigneusement classés.

4.2. Le rapport écrit et la présentation orale

Votre travail en TPE doit faire l'objet d'un court compte-rendu écrit et d'une présentation orale. L'un et l'autre doivent permettre de valoriser ce que vous avez fait. Des productions d'une autre nature, telles que des panneaux d'exposition, des maquettes, des dispositifs expérimentaux originaux, des sites internet... , dont les objectifs de fond sont les mêmes, peuvent aussi être conçus.

4.2.1 Le rapport écrit

- Les qualités essentielles d'un rapport sont : **clarté**, **concision** et **bonne documentation**. Rédigez de manière simple, avec des phrases courtes, ayant chacune un sens. Relisez-vous les uns les autres, notamment pour corriger l'orthographe.
 - Le **titre** doit annoncer la problématique précise abordée. Evitez les titres trop vagues ou trop ambitieux ou décalés par rapport au travail effectivement réalisé.
 - L'**introduction** justifie le choix du sujet, y compris pour la démarche personnelle qui vous a conduits à vous y intéresser. Le sujet est placé dans un cadre plus général, et la relation avec le thème est analysée et précisée. Les termes de la ou des problématiques abordé(e)s sont explicités. Les grandes lignes de la démarche d'étude suivie sont annoncées.
 - La **conclusion** résume brièvement la démarche suivie, les résultats obtenus et les difficultés rencontrées. Elle replace le sujet dans un cadre plus large, en évoquant par exemple les moyens technologiques mis en œuvre dans les laboratoires pour explorer le domaine, ainsi que d'éventuelles applications ou implications de ces travaux.

- Le **plan** : il n’y a pas de plan-type mais le rapport doit rendre compte de votre démarche pour traiter scientifiquement le sujet que vous avez choisi.
- L’**illustration** (schémas, dessins, photos) est également fondamentale : chaque illustration doit porter un titre
- **Quelques conseils pour le compte-rendu d’une étude de terrain ou d’une enquête locale**
 - Le **cadre géographique** précis de l’étude doit être présenté, à l’aide d’extraits de cartes annotés (avec l’échelle), photos interprétés, schéma ou coupes à main levée, dûment légendés et orientés.
 - Si nécessaire, la nature des roches du secteur, leur structure doivent être précisées. L’étude de terrain permet de cerner le problème précis qui pourra ensuite donner lieu à une tentative de modélisation par exemple.
- **Quelques conseils pour le compte-rendu d’une expérimentation**

Il faut rendre compte de toutes les étapes de démarche expérimentale :

 - **But de l’expérience**
 - **Principe** : expliquer en une ou deux phrases la stratégie expérimentale
 - **Matériel utilisé** : prévoir un ou des schéma du dispositif (légendes, échelle) et des photos. Lorsque le choix du matériel a posé des problèmes, les indiquer et justifier le choix retenu. Indiquer les références précises de tous les produits, appareils, logiciels... utilisés.
 - **Protocole** : présenter clairement les conditions et la durée de l’expérience. Indiquer le cas échéant le nombre de répétitions effectuées.
 - **Résultats** : présenter les enregistrements bruts le cas échéant, des photos montrant les résultats : ce sont les preuves. Présenter aussi les résultats numériques traités sous forme de tableaux, graphiques, histogrammes... Attention aux unités. Chercher à mettre en évidence des corrélations entre différents paramètres : les mêmes résultats peuvent donner lieu à différents graphiques.
 - **Interprétation des résultats** :
Indiquer en quoi les résultats sont conformes ou aux hypothèses testées et/ou aux données bibliographiques. Attention aux interprétations abusives. Il est possible que les résultats obtenus ne soient pas significatifs : il faut l’indiquer sans recourir à des explications qui n’en sont pas. Proposer des améliorations ou des prolongements possibles de votre démarche.
- **Quelques conseils pour la présentation de la bibliographie**

Citez tous les articles et tous les ouvrages consultés, classés par ordre alphabétique du nom du premier auteur. Respectez soigneusement la présentation des articles et des livres. Indiquez les noms de toutes les personnes que vous avez rencontrées dans le cadre de votre travail et qui vous ont aidés.
- **Quelques conseils pour la mise en page et le traitement de texte**

Que vous travaillez au stylo ou sur ordinateur, réalisez une présentation simple de votre texte.

- **Sobriété intellectuelle** : sur ordinateur, utilisez la même police pour le texte, les titres et les sous-titres. Evitez les titres tout en majuscules inutilement encombrants.
- **Lisibilité obligatoire** :
 - * sur ordinateur, ne pas utiliser de format inférieur à 10 pour le texte
 - * laisser des marges suffisantes (2,5 cm à droite et à gauche)
 - * sur ordinateur, utiliser des formats 14 et 12 pour les titres et les sous-titres
 - * hiérarchiser clairement les titres et sous-titres
- sur ordinateur, laisser un interligne au début et deux à la fin de chaque paragraphe
- respect des **règles de ponctuation** souhaitable
- **numérotation** impérative des **pages**
- une **table des matières** (plan détaillé du rapport, avec les pages correspondantes) peut être utilement inséré au début du rapport.

4.2.2 La présentation orale

- **Préparez la présentation orale de votre travail**

Il ne s'agit **surtout pas d'un vague résumé improvisé du rapport**. En vous appuyant dans toute la mesure du possible sur des "pièces à conviction" que vous présentez : dispositif expérimental, échantillons divers, cartes, maquettes, photos et documents bruts (spectres...) originaux et/ou ne figurant pas sur le rapport, vous concevez une **présentation concise** et aussi convaincante que possible de **l'aspect le plus percutant de votre démarche** et de vos résultats (un choix est souvent indispensable). Le cas échéant, des **transparents ou un diaporama** peuvent bien sûr aussi constituer un bon support de cette présentation.

- **Attendez-vous à des questions (et préparez les réponses)**

- Vous devez être **incollable** sur tous les aspects du travail lui-même, y compris ceux éventuellement pris en charge par vos co-équipiers.
- Vous devez maîtriser le **principe de toutes les techniques** que vous avez utilisées. N'oubliez pas de mentionner les consignes de sécurité concernant en particulier les produits chimiques (solvants, acides...)
- Vous devez faire preuve d'une solide **culture générale autour du sujet** : il ne s'agit pas d'être un spécialiste d'un obscur point de détail et de tout ignorer d'aspects fondamentaux directement apparentés à votre sujet.