

---

---

B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

---

---

## Avoir le déclic en TP...

par Marie-Hélène MERCIER et Céline ROUSSEAU  
Lycée Durzy - 23, rue Léonard de Vinci  
45702 Villemandeur

---

### RÉSUMÉ

*Au cours de l'année scolaire 1996-1997, nous avons mis en pratique des TP du type **TP TOP** en classe de seconde et de terminale S. Nous en proposons la démarche, illustrée par deux exemples [1], [2].*

*L'idée est la suivante : attirés par une présentation ludique de la feuille support, des groupes de trois ou quatre élèves cherchent à résoudre une énigme physique ou chimique. Le rôle du professeur est de les guider vers la solution. Le plaisir qu'ils éprouvent crée une ambiance agréable de travail dans la classe.*

La méthode rappelle la maïeutique de Socrate (accouchement des esprits). En cherchant la clef de l'énigme, les élèves peuvent s'apercevoir qu'ils ont des idées préconçues qui ne leur permettront pas de trouver la solution. Il faut éliminer les idées fausses et développer les autres, de manière active, afin de pouvoir progresser. En TP, ils exposent leurs idées au groupe, demandent conseil au professeur, expérimentent, critiquent, recommencent jusqu'à ce que le résultat soit satisfaisant.

### 1. MISE EN ŒUVRE

La feuille comporte des illustrations présentant le sujet de manière énigmatique et une ou plusieurs questions précises.

Pendant un quart d'heure, les groupes d'élèves (trois ou quatre) réfléchissent sans l'intervention du professeur et préparent leur démarche expérimentale. Chaque groupe présente ensuite son projet au professeur qui l'approuve ou non. Si le groupe a des difficultés, le professeur reformule la question à traiter ou donne quelques pistes.

Pour des raisons pratiques propres au lycée (enchaînement de tous les TP d'un même niveau dans une salle), le matériel est prêt sur les tables et les élèves peuvent commencer à manipuler dès l'accord du professeur.

---

---

B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

---

---

Un compte-rendu par groupe est exigé en fin de séance et sera noté : le compte-rendu n'est pas le but essentiel du TP ; c'est la manipulation qui importe. Il doit cependant rendre compte de la réflexion du groupe. Le plan est libre mais la démarche expérimentale, les observations et leurs interprétations et une conclusion doivent y figurer.

## 2. CONCEPTION D'UN TP DÉCLIC

Pour l'élaboration d'un TP, nous nous limitons à un, voire deux objectifs, en référence au programme. Notre but est que l'élève ait vraiment assimilé le TP en une heure et demie.

Nous nous sommes inspirées d'extraits de bandes dessinées ou de dessins humoristiques, dont nous avons aménagé les bulles. C'est un moyen attrayant pour présenter le sujet-énigme, donner les pistes de recherche, les consignes de sécurité ou même préciser les protocoles. Le travail à effectuer est décrit en un minimum de phrases encadrées s'adressant directement aux élèves.

## 3. DEUX TP-EXEMPLES

### 3.1. TP molécules, niveau seconde

La compétence exigée par le programme est d'écrire les structures de Lewis de quelques molécules simples.

Les élèves ont vu les représentations de Lewis des atomes et la règle de l'octet. La liaison covalente n'a pas été abordée en cours.

Les élèves n'ont pas encore utilisé de modèles moléculaires au cours de l'année.

L'objectif de ce TP est que les élèves voient la molécule comme un édifice dont chaque atome vérifie la règle de l'octet par l'intermédiaire de liaisons covalentes. Ils disposent de deux boîtes de modèles moléculaires éclatés et d'une feuille de TP (annexe 1). Une précision concernant le compte-rendu est indiquée au tableau : donner la formule de Lewis et la représentation spatiale de chaque molécule construite.

Au départ, les élèves, perplexes à la lecture de la feuille, sont attirés par les modèles moléculaires. Un premier passage auprès de chaque groupe, permet de relire les explications de Donald. Il faut attendre le déclic : dès qu'un élève a compris, il explique son idée au groupe.

---

---

**B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU**

---

---

Dans la molécule d'eau, l'atome d'oxygène se combine à deux atomes d'hydrogène pour s'entourer de huit électrons (octet). De même, l'hydrogène comble sa couche de valence pour acquérir la structure électronique de l'hélium (duet). Certains élèves ont été encouragés à compter les électrons de valence de l'atome d'oxygène en cachant les deux autres atomes de la molécule d'eau avec leurs doigts. A partir de ce moment, tous comptent frénétiquement jusqu'à huit (ou deux...).

Certains construisent d'abord des molécules connues ( $H_2$ ,  $CH_4$ ) ; d'autres combinent les atomes au hasard, en oubliant parfois même des tiges de liaisons. Quelques-uns essaient de procéder par ordre en augmentant progressivement le nombre d'atomes. Quelle que soit la méthode employée, tous repèrent les mêmes difficultés : comment construire  $CO_2$ ,  $N_2$  (liaisons multiples) ? Parmi les différents modèles de carbone disponibles, quel est celui à choisir pour construire la molécule de  $CH_4$  ? (répulsion maximale des doublets d'électrons).

Les molécules s'accumulent sur les tables et il est temps de demander aux élèves d'écrire les formules de Lewis correspondantes. Ils ne rencontrent pas de difficultés car ils ont assimilé la règle de l'octet pour les molécules. En revanche, la représentation tridimensionnelle des molécules est hasardeuse (la représentation conventionnelle leur semblera d'autant plus nécessaire).

Ce TP a beaucoup plu aux élèves et leur a permis de vraiment assimiler la règle de l'octet et la liaison covalente. Ils leur a également donné l'occasion d'avoir une vision des molécules dans l'espace. Finalement, une séance supplémentaire de cours sur les molécules n'a pas été nécessaire : l'évaluation sur ce sujet l'a confirmé.

### **3.2. TP lois de Newton, niveau terminale**

Le deuxième exemple de TP se situe à la fin du chapitre «les lois de Newton» en terminale S.

La compétence exigée par le programme est de mettre en œuvre ces trois lois.

Une feuille de TP est distribuée aux élèves (annexe 2) et une feuille annexe rappelle l'énoncé des lois (annexe 3) [3].

Le TP a pour objectif de faire réfléchir les élèves sur la façon d'appliquer les lois de la mécanique.

Les élèves disposent de pèse-personnes électroniques, de dynamomètres et de masse marquées et peuvent utiliser l'ascenseur du lycée.

---



---

 B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU
 

---



---

Tout d'abord les élèves sont indifférents aux lois de Newton mais cherchent plutôt à comprendre la phrase encadrée de la feuille de TP.

Un seul groupe a demandé à vérifier les dires de Miss Régime dans l'ascenseur du lycée. Les résultats ont été décevants : le pèse-personne a un temps de réponse trop important par rapport à la durée d'accélération. Cependant la sensation de Miss Régime est familière à tous les élèves.

Certains groupes raisonnent ainsi : Miss Régime grossit entre le rez-de-chaussée et le premier étage donc son poids augmente ; sa masse étant constante (tous les élèves en sont convaincus), la valeur de  $g$  augmente.

Pour interpréter l'augmentation de  $g$ , certains groupes pensent à la variation de  $g$  avec l'altitude, développée lors du cours sur le champ de gravitation. En utilisant l'expression :

$$g(z) = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{M_T}{(R_T + z)^2},$$

avec  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  et  $R_T = 6400 \text{ km}$ , entre le rez-de-chaussée ( $z = 0 \text{ m}$ ) et le premier étage ( $z = 4 \text{ m}$ ), ils obtiennent  $g(0) = 9,737939 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$  et  $g(4) = 9,737927 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ , donc une différence inférieure à  $2 \cdot 10^{-4} \%$ . Certains s'aperçoivent d'ailleurs que le sens de variation de  $g$  permettrait à Miss Régime de maigrir au lieu de grossir.

D'autres groupes choisissent le système Miss Régime (système suggéré par la phrase-énigme) de masse  $m$ . Après le bilan des forces extérieures ( $\vec{P}$  et  $\vec{R}$ ), ils appliquent la deuxième loi : dans le référentiel terrestre, l'ascenseur étant en mouvement  $\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$  donc  $\vec{a} = \frac{m\vec{g} + \vec{R}}{m}$ . Supposant  $m$  et  $\vec{R}$  constants, ils arrivent à la même conclusion :  $g$  augmente. Comme précédemment, le calcul leur montre que  $g$  peut être considéré comme constant dans ce problème.

Ils sont alors invités à revoir leurs hypothèses, à expliciter la force  $\vec{R}$  (quel est l'auteur de cette action mécanique ?) et à traduire leur raisonnement par des schémas dans le but d'appliquer la troisième loi.

---



---

 B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU
 

---



---

Un groupe ne trouve aucune idée et demande un rappel sur les forces d'interaction et la troisième loi de Newton.

Les comptes-rendus comportent schémas, raisonnements et conclusions.

Aucun groupe n'a fait la démonstration correcte.

Bien que difficile, ce TP a été bénéfique : les élèves ont appris à mener un raisonnement physique à son terme et en cas d'incohérence, à revoir leurs hypothèses. De plus, ils ont pris conscience que les schémas étaient indispensables à la visualisation du problème.

La correction suivante est attendue avec impatience et les élèves y sont très attentifs.

Le système choisi\* est Miss Régime, MR, de masse  $m$ .

### *Étude de la situation des deux premières images*

Au rez-de-chaussée, en attendant l'ascenseur, ou dans l'ascenseur immobile par rapport à la Terre, MR est immobile par rapport à la Terre. Le référentiel est la Terre T considérée comme un référentiel galiléen.

Les forces s'exerçant sur MR sont son poids  $\vec{P}$  et la force exercée par le pèse-personne sur Miss Régime  $\vec{F}_{PP \rightarrow MR}$ .

On applique la première loi de Newton ou principe de l'inertie au centre d'inertie G de Miss Régime, immobile par rapport au référentiel terrestre considéré comme galiléen :

$$\vec{v}_G = \vec{0} \quad \Rightarrow \quad \vec{P} + \vec{F}_{PP \rightarrow MR} = \vec{0} \quad (1)$$

En appliquant la troisième loi ou principe d'interaction :

$$\vec{F}_{PP \rightarrow MR} = - \vec{F}_{MR \rightarrow PP} \quad (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} (1) \Rightarrow \vec{P} = - \vec{F}_{PP \rightarrow MR} \\ (2) \Rightarrow - \vec{F}_{PP \rightarrow MR} = \vec{F}_{MR \rightarrow PP} \end{array} \right\} \vec{P} = \vec{F}_{MR \rightarrow PP} \quad (3)$$

---



---

B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

---



---

Conclusion : Le pèse-personne est un dynamomètre qui mesure la norme de la force  $\vec{F}_{MR \rightarrow PP}$ . Or, d'après (3)  $\vec{F}_{MR \rightarrow PP} = P = mg$  ; le pèse-personne indique la masse de Miss Régime, à g près ; il est d'ailleurs gradué en unité de masse. Les résultats de cette étude sont résumés sur la figure 1a.

### *Étude de la situation des deux images suivantes*

L'ascenseur accélère entre le rez-de-chaussée et le premier étage ; son accélération par rapport au référentiel terrestre est notée  $\vec{a}$ . Miss Régime est immobile dans l'ascenseur, l'accélération de son centre d'inertie par rapport au référentiel terrestre est la même que celle de l'ascenseur :  $\vec{a}_G = \vec{a}$ .

Les forces s'exerçant sur MR sont son poids  $\vec{P}$  et la force exercée par le pèse-personne sur Miss Régime  $\vec{F}_{PP \rightarrow MR}$ .

On applique la deuxième loi de Newton ou théorème du centre d'inertie :

$$\vec{P} + \vec{F}_{PP \rightarrow MR} = m\vec{a}_G \quad (4)$$

Puis on applique la troisième loi de Newton ou principe des actions réciproques (valable quel que soit le mouvement).

$$\vec{F}_{PP \rightarrow MR} = -\vec{F}_{MR \rightarrow PP} \quad (5)$$

(5) dans (4) :

$$\vec{P} - \vec{F}_{MR \rightarrow PP} = m\vec{a}_G$$

d'où :

$$\vec{F}_{MR \rightarrow PP} = \vec{P} - m\vec{a}_G \quad (6)$$

Conclusion : Le dynamomètre indique la norme de la force  $\vec{F}_{MR \rightarrow PP}$  qui est égale à la somme vectorielle de  $\vec{P}$  et  $m\vec{a}_G$ . Le vecteur  $\vec{P} = m\vec{g}$  ne dépend que de  $m$  et du champ de pesanteur. Puisque  $\vec{g}$  peut être considéré comme constant entre le rez-de-chaussée et le premier étage, le poids de Miss Régime n'a pas varié pendant le mouvement.

Le poids  $\vec{P}$  est donc représenté par le même vecteur que sur le schéma précédent. Le vecteur  $\vec{a}_G$  est dirigé vers le haut, le vecteur  $-m\vec{a}_G$  est dirigé vers le bas (figure 1b).

---



---

 B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU
 

---



---

En comparant les deux schémas, on voit très bien que l'action de Miss Régime sur le pèse-personne est plus forte quand l'ascenseur monte. A son poids s'ajoute la force d'inertie d'entraînement.

En supposant que la réponse du pèse-personne est immédiate, cette méthode permet une mesure directe de l'accélération instantanée de l'ascenseur.

\* La question «Pourquoi Miss Régime grossit-elle quand elle prend l'ascenseur ?» peut suggérer que la force exercée par Miss Régime sur le pèse-personne augmente. Le système implicite est donc le pèse-personne. Or, le pèse-personne est soumis à trois forces dans le référentiel de l'ascenseur non galiléen (son poids, l'action de l'ascenseur et l'action de Miss Régime) et à quatre forces dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le problème devient trop complexe : il faut choisir le système Miss Régime, soumis à un nombre moindre d'interaction puis appliquer la troisième loi.

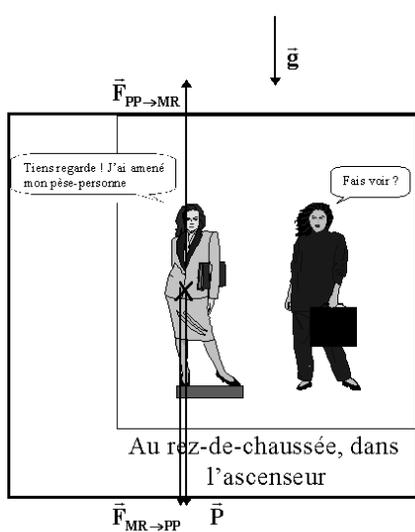


Figure 1a

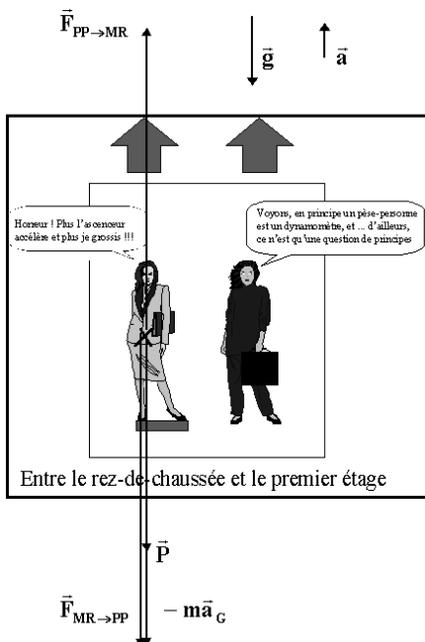


Figure 1b

---



---

 B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU
 

---



---

#### 4. CONCLUSION

Ces exemples sont le fruit d'un travail en commun. L'élaboration de ce type de TP est plus facile à plusieurs : le dialogue permet de mieux cibler les objectifs, de tester les «énigmes», de comparer les réactions des élèves afin d'améliorer la présentation du TP.

Beaucoup d'autres TP du même style étaient plus expérimentaux et ont permis à nos élèves de devenir plus autonomes face au matériel, pour la prise de mesures. Pour la plupart des TP de chimie, nous avons détaillé les protocoles en les intégrant aussi dans une présentation attrayante.

En général, les élèves ont réussi à résoudre l'énigme mais ont parfois exprimé leur résultat de façon inattendue. Par exemple, pour énoncer la loi de la réflexion (à chercher avec le matériel ultrasonore ONDUSON-JEULIN), les élèves ont pris naturellement comme référence une demi-droite de la surface réfléchissante, et obtiennent :  $r^* = 180 - i^*$  (figure 2) ; ceux que nous avons guidés en évoquant la normale à la surface, ont alors énoncé : «La perpendiculaire à l'obstacle est la bissectrice de l'angle formé par le rayon qui arrive et le rayon qui repart».

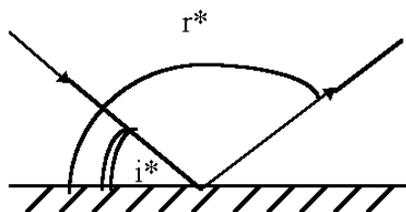


Figure 2

Nous avons voulu faire partager notre expérience parce que nous prenons plaisir à concevoir des TP et à les mettre en œuvre. Au cours de l'année, nos élèves ont pris confiance en eux, acquis de l'autonomie et progressé quel que soit leur niveau ; ils ont apprécié ce type de TP car chacun y trouve sa place.

Finalement, ces TP s'appuient sur la constatation suivante : les élèves comprennent et retiennent plus facilement un raisonnement et un mode opératoire qu'ils ont construit et élaboré eux-mêmes.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. NENAN, B. BERTHIER-FESSY, J. CHAMPION et D. LAUNER : «*Et si on rendait les élèves plus dynamiques en TP ?*» - BUP n° 720, janvier 1990.
- [2] B. FESSY et M. QUENTIN NENAN : TP TOP Physique Chimie 1997.
- [3] A. GIBAUD et M. HENRI : «*Le principe des actions réciproques*» - BUP n° 787, octobre 1996.

B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU

### Annexe 1



T  
P  
M  
O  
L  
E  
C  
U  
L  
E  
S



© Super Picsou Géant - DHP

• LES MODELES MOLECULAIRES SONT DES FORMULES DE LEWIS IMAGEES OU SEULS LES ELECTRONS DE VALENCE SONT REPRESENTES.



• UNE LIAISON COVALENTE SIMPLE EST MATERIALISEE PAR UNE TIGE BLANCHE.



A CHAQUE ELEMENT CHIMIQUE CORRESPOND UNE COULEUR

H	C	N	O	S	Cl	Br	I
blanc	noir	bleu	rouge	jaune	vert	brun	violet

Explique à Donald et ses neveux comment respecter la règle de l'octet et aide-les à construire :

- des molécules diatomiques,
  - des molécules combinant l'élément hydrogène avec un autre élément,
- à partir des atomes qui sont à ta disposition.

---



---

 B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU
 

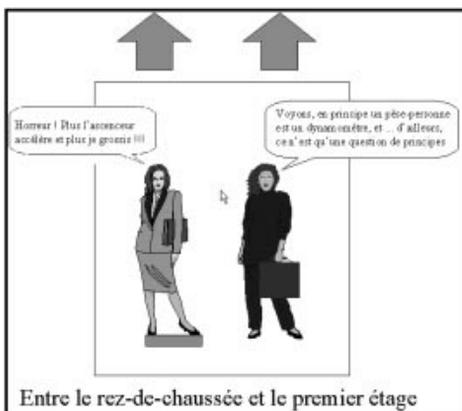
---



---

## Annexe 2

### NEWTON'S LAWS



**Pourquoi Miss Régime grossit-elle quand elle prend l'ascenseur ?**

---



---

 B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQUE – B.U.P. PRATIQU
 

---



---

### *Annexe 3*

#### *Les trois lois de Newton*

---

#### **PREMIÈRE LOI DE NEWTON**

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie  $G$  d'un système isolé ou pseudo-isolé a un mouvement rectiligne uniforme.

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{0} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{v}_G = \vec{cst} \quad \left\{ \begin{array}{l} \vec{v}_G = \vec{0} \text{ } G \text{ est immobile} \\ \vec{v}_G \neq \vec{0} \text{ } G \text{ est en mouvement rectiligne uniforme} \end{array} \right.$$

#### **THÉORÈME DU CENTRE D'INERTIE**

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide par l'accélération de son centre d'inertie  $G$ .

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}_G$$

#### **TROISIÈME LOI DE NEWTON**

Lorsque deux systèmes  $S_1$  et  $S_2$  sont en interaction, quel que soit le référentiel d'étude et quel que soit le mouvement (ou l'absence de mouvement) d'un système, l'action du système  $S_1$  sur le système  $S_2$  est opposée à l'action du système  $S_2$  sur le système  $S_1$ .

$$\vec{F}_{S_1 \rightarrow S_2} = - \vec{F}_{S_2 \rightarrow S_1}$$