
Forum physique

Envoyez vos contributions à [redacted] par courrier électronique ou (mieux!) participez directement sur le gitea à l'adresse [redacted]

■ Forum n° 8 Des analyses de corrigé pour faciliter et encourager la préparation des TD

par Étienne THIBIERGE, PT, Lycée Blaise Pascal de Rouen

Pour améliorer la préparation des séances de TD par mes étudiants, j'ai mis en place cette année un travail d'analyse de corrigé : les étudiants ont l'énoncé d'un exercice ainsi que son corrigé, et doivent répondre à des questions principalement méthodologiques à propos dudit corrigé. Le bilan de ce travail étant plutôt satisfaisant avec ma classe de PT cette année, je me propose d'en présenter le fonctionnement et un retour d'expérience dans cet article.

Constat et objectifs

Le travail de préparation des TD est un point délicat sur lequel j'ai l'impression de buter depuis longtemps avec mes étudiants. Trop nombreux à mon goût sont ceux qui viennent en séance de TD sans une connaissance minimale de ce que nous avons fait en cours, et doivent donc tout redécouvrir, ce qui diminue d'autant le bénéfice qu'ils tirent du TD.

J'ai depuis longtemps renoncé à donner des exercices à chercher à la maison avant la séance. Outre le peu d'intérêt d'assister à une séance de correction d'un exercice qu'on a déjà fait, la majorité de mes étudiants sont de niveau modeste, certains en grande difficulté, et je suis convaincu que passer sans transition d'un cours fait par le professeur à un exercice à faire en autonomie à la maison est trop difficile pour bon nombre d'entre eux. La trop grande difficulté entraînant le découragement voire le renoncement, c'est un cercle vicieux que je tiens à éviter autant que possible. Je me suis donc longtemps limité à l'injonction « apprenez bien le cours », qui est rarement suivie d'effet bénéfique (surtout quand elle devient de plus en plus tacite au fur et à mesure que l'année avance...) : non seulement les étudiants n'en voient pas toujours l'intérêt et n'en font alors pas une priorité, mais aussi perdent parfois leur temps à se focaliser sur des points subtils ou secondaires.

Ainsi, j'ai décidé cette année de mettre en place une nouvelle formule de préparation des TD, en faisant travailler mes étudiants sur des analyses de corrigé. Cette approche est connue dans le monde anglo-saxon sous le nom de « worked examples », et a fait ses preuves dans plusieurs domaines et plusieurs établissements¹. De mon côté, je l'ai découverte dans les vidéos² et le livre³ de Jean-François Parmentier, enseignant à l'IPSA Toulouse et chercheur associé à l'IRIT Toulouse.

1. Voir par exemple la page très complète du Teaching and Learning Lab du MIT : <https://tll.mit.edu/teaching-resources/how-people-learn/worked-examples/>

2. <https://www.youtube.com/watch?v=ILvjvL6mPi0>

3. *Enseigner et former : psychologie appliquée et pédagogies actives*, Jean-François Parmentier et Quentin Vicens, Dunod (2022)

Mes objectifs en mettant en place ces analyses de corrigé étaient donc les suivants :

- « forcer » les étudiants à travailler leur cours avant la séance de TD ;
- faciliter la transition entre le cours et les exercices par un format intermédiaire ;
- motiver les étudiants en donnant un travail à la portée de tous ;
- orienter leur premier travail du cours vers les aspects les plus pertinents pour l'appliquer efficacement dans les exercices.

Fonctionnement

Une analyse de corrigé se compose d'un énoncé suivi de la correction, mais l'originalité vient de la présence de questions d'analyse qui portent sur le corrigé lui-même. Voici un exemple⁴ issu d'un TD de thermochimie, la question portant sur le calcul d'une température de flamme d'un mélange stœchiométrique.

2 - Le bilan de matière de la réaction s'écrit

	C_6H_{14}	+	$\frac{19}{2}O_2$	=	$7H_2O$	+	$6CO_2$
I	n		$n' = \frac{19}{2}n$		0		0
F	0		0		7n		6n

Question d'analyse 2 - Retrouver la valeur de n' .

On décompose la transformation réelle en deux étapes modèles :

- ▷ d'abord, la réaction de combustion a lieu de manière isotherme ;
- ▷ ensuite, tout le contenu du réacteur passe de $T_I = T_{ext}$ à $T_F = T_{ch}$.

Le bilan d'enthalpie s'écrit

$$\Delta H = 0 = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{1er P} \\ \text{transf}}}{n} \Delta_r H^\circ + \left(7n C_{P,H_2O}^\circ + 6n C_{P,CO_2}^\circ + 38n C_{P,N_2}^\circ \right) (T_F - T_I)$$

Question d'analyse 3 - Pourquoi les capacités thermiques de C_6H_{14} et O_2 n'apparaissent-elles pas ?

Question d'analyse 4 - Justifier le facteur 38 apparaissant devant C_{P,N_2}° .

On en déduit

$$T_{ch} = T_{ext} - \frac{\Delta_r H^\circ}{7C_{P,H_2O}^\circ + 6C_{P,CO_2}^\circ + 38C_{P,N_2}^\circ} = 2970 \text{ K},$$

Sur cet exemple, assez représentatif, les questions d'analyse ont pour but de faire réfléchir l'étudiant sur les points de méthode importants et les difficultés classiques rencontrées dans les exercices de ce type. J'ai aussi régulièrement inclus des questions plus orientées vers les calculs : retrouver les expressions des éléments différentiels de surface ou de volume, justifier des bornes d'intégration, convertir des grandeurs dans les unités adéquates, etc. Plus occasionnellement, j'ai proposé des questions de recherche d'erreurs de calcul facilement repérables mais qui nécessitent une vigilance particulière de la part des étudiants : oubli d'un élément différentiel dans un développement de Taylor, confusion entre expression de la dérivée et de la primitive, etc. En revanche, les calculs simples ou la stricte connaissance de formules et de définitions ne font pas l'objet de questions, et sont peu discutés dans les corrections. Mes analyses de corrigé comptent typiquement cinq à huit questions d'analyse.

4. Pour davantage d'exemples, tous mes énoncés de TD sont librement accessibles sur mon site internet personnel : <http://www.etienne-thibierge.fr/>

Du point de vue de l'organisation, les étudiants étaient informés du travail à faire en fin de semaine pour la semaine suivante, l'exercice d'analyse de corrigé étant toujours à travailler à la maison. Une fois en classe, j'ai systématiquement parcouru la classe pour regarder les préparations des étudiants, autant pour garantir que le travail demandé était fait que pour repérer les difficultés. Les questions d'analyse étaient corrigées principalement oralement par les étudiants, et j'insistais sur les erreurs courantes et les mauvais raisonnements que les questions d'analyse permettent de pointer, par exemple sous la forme « voyez-vous pourquoi je vous pose cette question? ». J'ai passé typiquement 10 à 15 minutes par analyse de corrigé. À l'usage, les réponses des étudiants aux questions de calcul étaient majoritairement correctes, mais les questions méthodologiques étaient souvent mal traitées, parfois même de façon complètement saugrenue pour une large partie de la classe.

Qu'en pensent les étudiants?

Les retours informels que j'ai pu avoir de la part de mes étudiants dans le courant de l'année étaient plutôt encourageants, mais, pour être plus précis et plus exhaustif sur leur appréciation, j'ai réalisé un sondage lors de mon dernier cours en classe entière avant le départ en révisions.

La première partie des questions concernait la façon dont mes étudiants avaient travaillé les analyses de corrigé. Ils ont indiqué y passer en moyenne une vingtaine de minutes, avec des durées moyennes allant de 10 à 45 minutes (cette réponse n'étant apparue qu'une seule fois), ce qui me semble raisonnable en préparation d'un TD. Cette durée n'est pas du tout corrélée aux résultats scolaires des étudiants... mais l'est bien davantage avec l'idée que je me faisais de leur travail! Ils ont globalement travaillé seul plutôt qu'en groupe, sauf les étudiants les plus en difficulté, pour qui les questions d'analyse demeurent sans doute difficiles. Plus inattendu, ils sont loin d'avoir consulté leur cours de manière systématique : 65 % disent l'avoir fait « assez souvent », mais seulement 20 % « presque toujours »... et 15 % ne l'ont fait que « rarement », là aussi sans lien avec leur niveau scolaire mais plus avec le degré d'approfondissement de leur travail en général.

La seconde partie du sondage abordait l'intérêt que les étudiants trouvaient aux analyses de corrigé à partir de phrases avec lesquelles ils devaient exprimer leur degré d'accord. Dans leur grande majorité, les étudiants sont plutôt (45 %) ou tout à fait (48 %) d'accord avec le fait qu'une analyse de corrigé permet de mieux préparer le TD qu'une simple relecture du cours, et estiment plutôt (61 %) ou tout à fait (23 %) qu'une analyse de corrigé permet d'être plus efficace sur les exercices au format traditionnel par la suite. Enfin, 97 % des étudiants déclarent qu'une analyse de corrigé incite à préparer les TD... et 100 % qu'ils ont davantage travaillé les TD que s'il n'y avait pas eu les analyses de corrigé à faire. Il est évident que ma vérification systématique du travail y est pour quelque chose, mais je crois qu'ils y ont vu aussi de l'intérêt : 100 % des étudiants pensent que je dois continuer les analyses de corrigé avec leurs successeurs.

Écueils et limitations

Pour qu'un travail d'analyse de corrigé soit pertinent, il faut bien sûr qu'il porte sur les points les plus importants du chapitre étudié. Souhaitant également éviter de refaire à l'identique un des exemples déjà fait en classe, cela peut devenir un peu contraignant sur le choix de l'énoncé. Cependant, cette contrainte est généralement facilement gérable,

et après avoir essayé en fin d'année, je pense maintenant que refaire un exemple du cours sous forme d'analyse de corrigé peut devenir très pertinent pour les étudiants lorsqu'il est particulièrement ardu (j'ai testé en l'occurrence sur l'effet de peau).

Cependant, la difficulté majeure du point de vue « prof » est de bien calibrer le niveau du corrigé, ce qui demande une réflexion pédagogique spécifique. En effet, s'il est trop succinct, les étudiants risquent de peiner à bien identifier la marche à suivre pour la résolution de l'exercice, et donc d'en tirer peu de bénéfice, mais s'il est trop détaillé, il devient difficile de poser des questions d'analyse pertinentes. J'imaginai initialement pouvoir réutiliser des exercices corrigés que j'avais déjà, mais j'ai rapidement abandonné cette idée pour créer de toutes pièces de nouveaux exercices, dont les corrigés sont calibrés spécifiquement pour le travail d'analyse de corrigé.

L'analyse de corrigé étant totalement nouvelle pour mes étudiants, j'ai expliqué plusieurs fois en début d'année son objectif et le travail que j'attendais d'eux. Toutefois, constater que les étudiants n'ont pas systématiquement consulté leur cours alors que les réponses aux questions méthodologiques étaient souvent fausses me laisse penser qu'il aurait été nécessaire de ré-insister à plusieurs reprises dans le courant de l'année sur le but de l'analyse de corrigé comme un premier travail du cours avant le TD.

Dernier aspect à mentionner : la gestion du temps. Je craignais initialement que le temps passé sur les analyses de corrigé puisse freiner l'avancement global du TD. En pratique, ça ne m'a jamais gêné, ce temps étant largement rentabilisé sur les premiers exercices d'application. Ainsi, j'ai eu l'impression de pouvoir faire sensiblement autant d'exercices d'application et d'exercices de recherche et approfondissement que les années précédentes. Et quand bien même ça n'aurait pas été le cas... le but d'un TD est-il de traiter le plus d'exercices possibles ou de parvenir à une bonne appropriation des méthodes de résolution par les étudiants?

Conclusion et perspectives

En conclusion, j'estime que le travail d'analyse de corrigé m'a permis d'atteindre l'objectif que je m'étais fixé, à savoir encourager et faciliter le travail du cours en amont des séances de TD pour que les étudiants y arrivent mieux préparés. Leur retour d'expérience montre qu'ils ont apprécié l'exercice⁵, même s'ils ne se le sont approprié que de manière imparfaite. Ainsi, c'est un format de travail que je reconduirai dans l'avenir.

J'ai pour le moment inclus une analyse de corrigé dans environ les trois quarts de mes TD, manquant d'idée ou de temps pour les autres, ce que je chercherai à combler l'an prochain. En outre, le format d'analyse de corrigé me semble également prometteur pour des exercices de révision des années antérieures, les souvenirs de mes étudiants étant souvent trop flous pour partir d'un énoncé et d'une page blanche.

Remerciement

Merci à Mickaël Melzani pour sa relecture du présent article.

5. Je dois néanmoins préciser que j'avais cette année une classe parfaite pour me lancer, avec des étudiants dynamiques et très ouverts à ce genre d'expérimentation. Merci à eux!