VN-Ch13-2 : Architecture du cours rédigé et analyse phase par phase du chapitre de la digestion

Complément du chapitre 13, section 13.2

13.2. L’architecture du cours selon les sept phases ASIN

13.2.1. Un gabarit commun aux trois chapitres

Le cours rédigé expose lui-même, dans son introduction, une « architecture pédagogique en 7 phases » appliquée à chacun des trois chapitres. Les intitulés sont ceux du modèle, à une différence près, qui touche au fond. Le cours appelle sa quatrième phase « mise en commun et confrontation » et sa cinquième « institutionnalisation et structuration », alors que le chapitre 5 réunit la mise en commun et l’institutionnalisation dans la quatrième phase et réserve la cinquième à la structuration. Dans le cours rédigé, l’institutionnalisation accompagne donc la rédaction du cours structuré. Dans le modèle tel que le chapitre 5 l’a fixé, elle est un geste de l’enseignant qui clôt la mise en commun, au sens que Brousseau (1998) donne à ce moment, et le chapitre 12 en a tiré le principe selon lequel le dispositif n’institutionnalise pas.

Chaque chapitre suit le même gabarit de neuf rubriques : une fiche pédagogique (objectifs, compétences, prérequis, matériel, ressources numériques, répartition des séances), la situation-problème, le questionnement et les hypothèses, les activités d’investigation, la mise en commun et l’institutionnalisation, le cours structuré, les schémas et figures, l’évaluation différenciée et les prolongements. Cette fiche pédagogique, comme le texte complet des chapitres 1 et 3, n’est pas reproduite à l’annexe J. Cinq phases du modèle ont ainsi leur rubrique. La sixième, l’application et le transfert, n’en a pas : elle est dispersée entre un jeu sérieux rangé parmi les activités d’investigation, les exercices de niveau 3 de l’évaluation et les prolongements. La septième a la sienne, mais elle n’est pas également remplie : le chapitre 1 décrit une évaluation diagnostique, une évaluation formative et une évaluation sommative corrigée, le chapitre 2 une évaluation diagnostique de trois questions et une évaluation sommative sans corrigé, le chapitre 3 une évaluation sommative seule. Ce constat rejoint celui que le chapitre 14 consigne pour le prototype de contenu, privé de phase d’application et d’évaluation formative pour deux des trois chapitres.

13.2.2. Les phases dans le temps des séances

La partie a de la figure 64 montre une séquence en escalier : les trois premières phases occupent la première séance, l'investigation se poursuit sur les deux suivantes, la quatrième séance réunit la mise en commun et le cours structuré, la cinquième l'application et l'évaluation. L'ordre des phases est respecté et chacune a sa place. Deux traits apparaissent cependant. La situation-problème, le questionnement et la première investigation tiennent dans la même séance de deux heures, ce qui laisse à la situation-problème, et donc à l'émergence des conceptions, moins d'une demi-heure. Et la mise en commun intervient une seule fois, après trois séances d'investigation, de sorte que les hypothèses formulées à la première séance ne sont confrontées aux résultats qu'à la quatrième.

La partie b montre le même escalier, plus étiré. Le cours type consacre une séance entière aux deux premières phases, puis cinq séances à l'investigation, soit 455 minutes sur 835, avant une mise en commun d'une heure à la sixième séance. La part de l'investigation est donc encore plus forte que dans le cours rédigé, ce qui est cohérent avec le chapitre 5, qui fait de cette phase le cœur du modèle, mais la difficulté de la confrontation tardive n'est pas levée : elle est déplacée vers les prédictions écrites que la fiche exige avant chaque labo, et qui jouent, activité par activité, le rôle d'une confrontation locale. Le cours type couvre en outre, en un peu moins de quatorze heures, la matière que le cours rédigé répartissait sur vingt-six heures en trois chapitres. Les fiches signalent elles-mêmes que le volume officiel du programme et la place de l'unité dans la progression annuelle restent à confirmer.

13.2.3. Une investigation multimodale écrite pour un matériel absent

La troisième phase est, dans le cours rédigé, une « investigation multimodale » qui combine l'expérimentation réelle, l'observation de documents et l'exploration numérique. La combinaison est explicite dans le chapitre de la digestion : l'anatomie est abordée par des documents puis par une visite immersive, la transformation de l'amidon par une expérience réelle puis par une animation, la spécificité des enzymes par une simulation, l'absorption par un modèle tridimensionnel. Le principe est défendable. La plupart des ressources numériques viennent après un document ou une expérience, et elles visent un changement d'échelle que la planche imprimée ne donne pas à voir, fonction que le chapitre 5 assigne à cette phase.

Ce principe suppose cependant un matériel que le terrain décrit au chapitre 10 n'offre pas toujours : quatre des cinq enseignants interrogés en entretien disent travailler sans laboratoire ou avec un laboratoire partiel, et le cours requiert en outre des casques ou des tablettes et une salle

informatique. Le cours rédigé ne prévoit pas de variante pour une classe sans laboratoire. Le cours type prévoit au contraire, dans ses supports, que les labos jouables remplacent le montage réel lorsque la salle n'a pas le matériel, et il introduit des gestes filmés (le compte-gouttes, la pipette, le bain-marie, la pince à tube) qui montrent la manipulation avant de la confier aux élèves. Le passage de l'un à l'autre relève de ce que le chapitre 12 décrit comme le traitement des contraintes du contexte par la conception.

L'architecture du cours rédigé est donc fidèle au modèle dans son ordre et dans le poids qu'elle donne à l'investigation, plus fragile dans les phases qui suivent la mise en commun. Pour voir ce que cette architecture fait faire aux élèves et à l'enseignant, il faut descendre au niveau des activités, ce que fait la section suivante sur le chapitre de la digestion.

13.3. Une séquence analysée phase par phase : la digestion

Nous retenons le chapitre de la digestion pour trois raisons. C'est celui que l'étude 3 a pris pour terrain, celui dont l'enseignant de l'étude 2 a utilisé la version portée par la plateforme, et celui dont les obstacles sont les mieux documentés. L'analyse suit l'ordre des phases et s'appuie sur de courts extraits du cours, cités avec la section où ils figurent.

13.3.1. La situation-problème : une conception portée par un tiers

La situation « Le mystère du couscous disparu » (section 2.2) met en scène Youssef, élève de 3AC, qui se demande après le couscous du vendredi : « Où va tout ce que je viens de manger ? » Sa sœur Amina, six ans, répond que le couscous « va directement dans ton ventre, et après il sort quand tu vas aux toilettes ». Le choix est habile à deux égards. Il ancre la question dans un plat que tous les élèves connaissent, et il fait porter la conception erronée par un personnage plus jeune, ce qui permet à l'élève de l'examiner sans avoir à la reconnaître comme sienne.

Ce second avantage a toutefois un revers. Le texte précise aussitôt que Youssef « n'est pas convaincu » et qu'il sait déjà, grâce au chapitre précédent, que les aliments contiennent des nutriments dont le corps a besoin. La situation désigne donc la conception fausse avant toute investigation : l'élève apprend en même temps quelle idée examiner et qu'elle est fausse. Au sens de Giordan et De Vecchi (1987), la situation fait bien émerger une conception, mais elle la fait émerger déjà disqualifiée, et le conflit cognitif qu'elle prépare est affaibli d'autant. La problématique que la classe est invitée à formuler va dans le même sens : « Comment les aliments que nous consommons sont-ils transformés en nutriments simples capables de passer

dans le sang pour nourrir nos cellules ? » (section 2.3). La question contient la réponse, la transformation, les nutriments simples et le passage dans le sang, et elle relève de ce que le chapitre 10 appelle une question qui voisine sa réponse sur la page.

13.3.2. Le questionnement et les hypothèses : une dévolution partielle

Le questionnement se déroule en trois temps : recueil des questions spontanées, catégorisation selon trois axes (anatomie, transformation, absorption), formulation de la problématique. Les hypothèses sont ensuite recueillies sous-question par sous-question et consignées dans un tableau à cinq colonnes : la question, les hypothèses, la méthode d'investigation, les résultats et la validation. Ce tableau est l'élément le plus solide du chapitre du point de vue du modèle. Il donne aux hypothèses des élèves une existence écrite, il les maintient jusqu'à la mise en commun, et il prépare la validation ou l'infirmation que la quatrième phase doit conduire.

La dévolution reste partielle, et le cours le montre lui-même. Les hypothèses figurent dans le document sous le titre d'« hypothèses des élèves » alors qu'elles sont attendues, ce qui est légitime dans un document destiné à l'enseignant mais qui l'invite à reconnaître des formulations plutôt qu'à accueillir celles de sa classe. La colonne des méthodes est préremplie (« Observation (schémas, visite VR) », « Expérimentation (digestion in vitro), animation ») : l'élève formule une hypothèse, il ne choisit pas comment la mettre à l'épreuve. Au sens où Brousseau (1998) l'entend, le problème est remis à l'élève pour ce qui est de sa formulation, non pour ce qui est de sa résolution.

13.3.3. L'investigation : de la vérification à la prédiction

L'activité centrale de la phase 3 est l'expérience de digestion in vitro de l'amidon (section 2.4, activité 2). Le cours en donne le problème, « L'amidon du pain est-il digéré dans la bouche ? Si oui, quel est le rôle de la salive ? », puis l'hypothèse : « La salive contient une enzyme (amylase) qui transforme l'amidon en sucres simples. » Le protocole suit, avec un tube témoin et un tube d'essai, puis un tableau des résultats attendus et une conclusion. L'hypothèse n'est donc pas celle de la classe : elle est fournie, et l'expérience la vérifie. On retrouve le mode de vérification que Boulal (2020) a relevé dans les manuels du collégial sur cette même expérience, et que le chapitre 10 a observé dans le corpus.

L'activité contient pourtant deux ouvertures qui ne relèvent pas de la vérification. La question « Pourquoi le tube 1 est-il nécessaire (témoin) ? » fait réfléchir à la logique de contrôle, et la question « Que se passerait-il si on plaçait les tubes à 0 °C ou à 100 °C ? » demande une

prédiction que l'expérience n'a pas encore tranchée. Le cours type a fait de ces ouvertures la règle. Dans la fiche ASIN, la même expérience (activité 11) suit l'enchaînement « La question, le protocole, ta prédiction, faire l'expérience, déduire », et l'enseignant « vérifie la prédiction écrite avant toute manipulation » et « ne donne aucun résultat : il vient de la manipulation ». L'hypothèse imprimée a disparu au profit d'une prédiction écrite par l'élève, comme le demande le principe du conflit plutôt que de la vérification (P2) établi au chapitre 12.

Les ressources numériques du chapitre appellent deux remarques d'un autre ordre. La simulation de l'action des enzymes est décrite par ce que les élèves y « observent » (« L'amylase ne digère que l'amidon »), et sa conclusion énonce le « principe clé-serrure » ; seul son mode défi pose une vraie question (« Pourquoi la digestion des protéines ne commence-t-elle pas dans la bouche ? »). Le schéma de la digestion de l'amidon prévu à la section 2.7 représente quant à lui l'action de l'amylase par des « ciseaux symboliques coupant la chaîne ». Or le chapitre 5 décrit l'obstacle de l'enzyme-outil, qui se représente l'enzyme comme un outil qui découpe ou qui casse. Cette image mécanique occulte la nature catalytique de l'action ; elle se forme au collège dans le chapitre de la digestion, où l'étude 3 la mesure sous la forme de l'enzyme assimilée à un acide (O4), et elle compromet au lycée la compréhension des voies métaboliques et de leur régulation. Par ce schéma, le cours rédigé installe l'image que le chapitre 5 désigne comme obstacle.

La cohérence scientifique interne du chapitre doit aussi être examinée, puisque le chapitre 5 fait de la cohérence et de l'exactitude un critère d'analyse des manuels. Le cours structuré attribue à l'amylase salivaire la transformation de l'amidon en maltose, et à la maltase de l'intestin grêle celle du maltose en glucose (section 2.6). La conclusion de l'activité 2 et l'animation de l'activité 3 font au contraire aller la transformation buccale jusqu'au glucose. Seul le premier énoncé est conforme au savoir de référence. L'amylase hydrolyse l'amidon en disaccharides et en trisaccharides, dont le maltose ; le glucose n'est libéré qu'au niveau de l'intestin grêle, par les enzymes de la bordure en brosse comme la maltase, et les glucides ne sont absorbés que sous forme de monosaccharides (Betts et al., 2013). Le chapitre porte en outre des valeurs numériques (longueur du tube, surface d'échange de l'intestin grêle, durées du transit) dont aucune source n'est donnée.

L'annexe J reproduit l'introduction et le chapitre 2 du cours, tels qu'ils ont été utilisés, sans correction ; ses chapitres 1 et 3 y sont résumés et les fiches pédagogiques du cours rédigé n'y figurent pas. Deux points sont retenus comme corrections pour la version suivante du cours : l'amylase menée jusqu'au glucose, dans la conclusion de l'activité 2, dans l'animation de

l’activité 3 et dans la légende du schéma de la section 2.7, est à ramener au maltose ; le schéma des « ciseaux » est à remplacer par une représentation qui ne fasse pas de l’enzyme un instrument de découpe, faute de quoi le cours continue de renforcer l’obstacle de l’enzyme-outil. La même liste comprend d’autres imprécisions du cours et des fiches : la longueur du tube digestif (« environ 9 mètres ») et la surface de l’intestin grêle (« environ 200 m² »), données sans source ; l’obésité définie par un IMC supérieur à 30, seuil établi pour l’adulte, dans un cours destiné à des adolescents ; les acides gras et le glycérol rangés ensemble dans la voie lymphatique ; un optimum à 37 °C étendu à toutes les enzymes ; le diazote, qui ne traverse jamais la paroi dans le « labo de l’alvéole », alors qu’il y diffuse sans échange net ; enfin la salive collectée par les élèves, qui pose une question d’hygiène. Une relecture scientifique aurait relevé ces points, et le chapitre 14 rapporte qu’aucune validation scientifique n’est enregistrée pour les ressources de la plateforme qui en sont issues.

13.3.4. La mise en commun, l’institutionnalisation et la structuration

La mise en commun occupe une heure, en quatre temps de quinze minutes : présentation des schémas fonctionnels de l’anatomie, présentation des résultats de l’expérience, présentation des observations sur les villosités, validation des hypothèses (section 2.5). Pour chacun des trois premiers temps, le cours donne la « synthèse collective » à laquelle l’enseignant doit conduire la classe. Le quatrième temps est annoncé sans être outillé : là où le chapitre 1 fournit le tableau de validation des hypothèses, le chapitre 2 se borne à indiquer que l’enseignant « reprend le tableau des hypothèses et guide la validation collective ».

Le cours structuré qui suit est un texte complet, rédigé à l’avance, organisé selon le trajet de l’aliment puis selon les enzymes et l’absorption. L’introduction du cours le dit « co-construit avec les élèves à partir de leurs découvertes ». Un savoir dont le texte est fixé avant la séance peut être institutionnalisé ; on voit mal en quel sens il serait co-construit. Le cours type traite autrement cette tension. La synthèse y reste marquée « à valider en classe » tant que l’enseignant ne l’a pas institutionnalisée en phase 4, et la structuration (activités 18 et 19) consiste à lire, recopier et compléter une trace écrite déjà validée. Le texte du savoir n’est pas moins fixé, mais son statut dépend d’un geste de l’enseignant, conformément au principe P3 du chapitre 12.

13.3.5. L’application et l’évaluation

La cinquième séance du chapitre est consacrée à « l’application, le jeu sérieux, l’évaluation sommative ». Le jeu « Digestion Quest », qui fait incarner à l’élève un nutriment traversant le

tube digestif, est la seule activité d'application. Ses niveaux sont des questions fermées (« Le glucose peut-il être absorbé dans l'estomac ? ») suivies de leur réponse, ce qui en fait un exercice de rappel plutôt qu'une situation de transfert. Le jeu prête en outre au nutriment un trajet à accomplir et une attente (il « doit attendre l'intestin grêle »), formulations qui suffisent à installer le finalisme.

L'évaluation sommative est structurée en trois niveaux, acquisition, approfondissement et expertise, sur dix, six et quatre points. Le niveau d'approfondissement reprend l'expérience de l'amylase à trois températures, ce qui évalue l'interprétation d'un résultat et non sa restitution. Le niveau d'expertise propose une situation nouvelle, celle d'un élève atteint d'une maladie qui altère les villosités intestinales, et demande d'en déduire les conséquences sur l'absorption : c'est la seule tâche de transfert du chapitre. Aucune évaluation formative n'est décrite, et l'évaluation diagnostique, réduite à trois questions, n'est rattachée à aucune séance. Le cours type comble ce manque par trois activités de transfert (« Un goûter sans étiquette », « Passe ou ne passe pas ? », « Deux journées de repas au souk ») et par une phase d'évaluation dont l'instrument est un tableau de bord par obstacle.

L'analyse du chapitre de la digestion fait apparaître un cours qui pose la démarche sans toujours la laisser aux élèves : la situation désigne la conception fausse, l'hypothèse de l'expérience est imprimée, la synthèse est écrite d'avance. On retrouve là les traits que l'étude 3 a relevés dans les manuels. Ce cours a toutefois été repris, après l'étude 3, dans une seconde forme dont les fiches pédagogiques donnent la mesure, et que la section suivante examine.

VN-Ch13-3 : Durée prévue des sept phases dans les deux cours types

Complément du chapitre 13, section 13.3

La fiche ASIN permet aussi de mesurer le temps que chaque cours type accorde à chaque phase. La figure VN-29 en donne la répartition pour les deux cours types.