

Rénovation du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique « CIRA ».

Document d'accompagnement n°2 :
accompagnement personnalisé, stage,
évaluation



igen
Inspection générale
de l'Éducation nationale

Sommaire

L'accompagnement personnalisé	3
1 Qu'est-ce que l'accompagnement personnalisé en STS ?	3
1.1 Des objectifs visés identiques pour tous les étudiants.	3
1.2 Des parcours différents, des acquis différents et des besoins différents pour un objectif commun.	3
2 En quoi l'accompagnement personnalisé en STS se distingue-t-il de celui dispensé dans le secondaire (lycée) ?	5
2.1 Le statut d'étudiant et la responsabilité de l'enseignant.	5
2.2 Les objectifs de l'accompagnement personnalisé en STS.	5
2.3 Qu'est-ce que l'autonomie ?.....	5
3 Qui peut intervenir en accompagnement personnalisé et que faire en accompagnement personnalisé?	7
3.1 Qui peut intervenir en accompagnement personnalisé?	7
3.2 L'accompagnement personnalisé sous forme ponctuelle ou s'inscrivant dans la durée.	7
3.3 Un projet pour la filière qui se construit en amont.	8
Le stage en milieu professionnel.	9
1 Le stage en milieu professionnel porte sur une durée globale de 12 semaines.....	9
2 Les compétences évaluées dans le cadre du stage et les compétences développées sans être évaluées en tant que telles.....	10
2.1 Compétences évaluées.....	10
2.2 Compétences développées.....	10
3 Contrat d'objectifs.	11
4 Le suivi de stage.....	11
5 Le rapport de stage, la présentation orale et l'évaluation.....	11
6 Quelques liens vers des ressources légales sur les stages en milieu professionnel.	12
L'évaluation en STS CIRA	17
1 Introduction	17
2 Comment seront conçues les épreuves du BTS ?	19
2.1 Exemples concernant l'épreuve E5.1 du référentiel	19
2.1.1 Comment décliner une même situation suivant les quatre niveaux ?	19
2.1.2 Place de l'analyse documentaire dans les situations.....	20
2.2 Exemples concernant l'épreuve E5.2 du référentiel	39

L'accompagnement personnalisé

1 Qu'est-ce que l'accompagnement personnalisé en STS ?

1.1 Des objectifs visés identiques pour tous les étudiants.

Du référentiel des activités professionnelles se déduisent les compétences requises pour accomplir les tâches demandées. Ces compétences sont en lien avec des connaissances scientifiques, des savoir-faire expérimentaux et des capacités personnelles et interpersonnelles.

Le niveau des compétences fixé dans le référentiel doit être atteint par l'étudiant pour obtenir le BTS. Pour certains d'entre eux le niveau atteint à l'issue de la formation peut lui être supérieur.

L'objectif visé - celui du référentiel - en fin de formation ne prend pas en compte l'origine et le parcours de l'étudiant.

1.2 Des parcours différents, des acquis différents et des besoins différents pour un objectif commun.

Les élèves d'une classe de seconde générale et technologique ou de seconde professionnelle ont tous eu un parcours en collège répondant aux mêmes objectifs de formation liés à un unique programme national et donc présentent une homogénéité importante dans les intentions sans pour autant masquer les différences propres aux établissements et aux parcours. S'ajoute une hétérogénéité liée aux niveaux de maîtrise des compétences et aux appétences des élèves. Après le collège, les parcours se différencient entre la voie générale et technologique et la voie professionnelle engendrant une hétérogénéité liée à l'organisation et aux objectifs même de ces voies. De plus, ce parcours a pu être effectué, tout ou partie, sous statut scolaire ou en qualité d'apprenti.

On peut donc distinguer deux origines de cette hétérogénéité :

- la première liée aux élèves ou étudiants ayant suivi le même parcours mais affichant des niveaux de maîtrise des compétences et des acquis différents ;
- la seconde concernant des étudiants qui ont suivi des parcours antérieurs différents.

Les classes de STS présentent donc une double hétérogénéité : celle liée aux parcours antérieurs des étudiants et celle, pour un même parcours, liée à leurs niveaux de maîtrise des compétences. On retrouvera ainsi dans une même division, des étudiants venant de la voie professionnelle, d'une série de la voie technologique et d'une série de la voie générale, pour ne prendre que les parcours les plus courants. Et parmi les étudiants issus d'un même cursus, les différences individuelles introduiront une hétérogénéité supplémentaire.

On comprend donc la double nécessité d'une différenciation pédagogique et le rôle que peut jouer l'accompagnement personnalisé dans cette différenciation.

Un exemple de cette hétérogénéité : constat d'un professeur de français enseignant depuis de nombreuses années en STS. À l'écrit en français, culture générale et expression...

Les étudiants des séries de la voie générale ont un avantage certain sur les autres pour structurer leur réflexion et formuler correctement leurs idées. Leur culture générale est également souvent plus développée ce qui contribue à les rendre plus autonomes en français tout au moins.

Les étudiants issus des séries de la voie technologique peinent à trouver leurs marques en français. Confrontés à des difficultés en expression et dans la maîtrise des méthodes, ils se trouvent aussi en porte-à-faux avec la complexité des textes qui servent de supports à l'étude des thèmes proposés.

Généralement, les étudiants issus de la voie professionnelle sont plus rétifs au français. Ayant le plus souvent mal vécu, pour bon nombre d'entre eux, les difficultés ou échecs successifs auxquels leur scolarité les a confrontés dans cette matière, ils peinent à s'adapter aux exigences du BTS en « culture générale et expression ». Ne maîtrisant pas toujours les bases de l'orthographe ou de la syntaxe, ayant parfois des difficultés à lire les courtes œuvres intégrales qui leur sont proposées, ils peinent dans cet enseignement.

Ce constat relate les difficultés des étudiants issus des baccalauréats technologiques et surtout professionnels en culture générale et expression. Dans d'autres disciplines, plus techniques voire plus professionnelles, peut-être seront-ils plus à l'aise qu'un étudiant issu d'une série générale.

L'accompagnement personnalisé vise, en prenant en compte les différences « originelles », à proposer des activités pédagogiques adaptées afin de préciser et d'explicitier les attentes, d'identifier les freins, de développer des méthodes de travail personnel en proposant des remédiations.

L'attitude parfois qualifiée de « bienveillante » demandée aux professeurs ne signifie nullement compassion ou complaisance mais consiste « à bien veiller » à la prise en compte de « la personne » qu'est l'étudiant pour lui permettre d'atteindre les objectifs de la formation dans laquelle il s'est engagé. Ces objectifs sont ambitieux, le professeur a donc des exigences annoncées, explicitées, expliquées, sur lesquelles il ne déroge pas. Ces exigences ne relèvent pas d'une fermeture d'esprit mais d'un lien avec les attentes du milieu professionnel. La bienveillance n'est pas le renoncement mais consiste à « bien veiller » à prendre en compte les spécificités de chaque élève pour viser une plus grande efficacité des apprentissages par un choix adapté des situations proposées.

L'accompagnement personnalisé ne se confond pas avec une individualisation qui relèverait du coaching ou du cours particulier. Il s'agit de cibler des compétences au regard des acquis effectifs des étudiants permettant d'organiser l'activité sous la forme de groupes de travail qu'ils soient de besoins ou plus hétérogènes permettant ainsi de développer l'apport entre pairs ; l'hétérogénéité du groupe peut alors être également perçue comme une richesse.

Soulignons enfin que la différenciation pédagogique ne saurait se limiter aux seules heures d'accompagnement personnalisé.

2 En quoi l'accompagnement personnalisé en STS se distingue-t-il de celui dispensé dans le secondaire (lycée) ?

2.1 Le statut d'étudiant et la responsabilité de l'enseignant.

Le statut d'étudiant ne désengage pas le professeur de sa responsabilité en classe. Toutefois, l'un des objectifs de formation visant le développement de l'autonomie, il est indispensable que celle-ci puisse s'exercer. On peut donc admettre que, dans le cas d'une différenciation pédagogique, certains étudiants soient en autonomie avec des travaux à accomplir dans une salle par exemple dotée d'ordinateurs quand, dans le même temps, le professeur intervient auprès d'un autre groupe, dans une autre salle comme personne ressource. L'autonomie ne se décrète pas, elle se construit. Son niveau dépend de la nature et de la complexité de la tâche proposée et de celui qui doit l'accomplir.

2.2 Les objectifs de l'accompagnement personnalisé en STS.

Dans les classes des séries générales et technologiques, l'accompagnement personnalisé vise le soutien, l'approfondissement, l'orientation et l'aide méthodologique.

En STS, formation professionnalisante, la dimension orientation revêt une importance moindre. Au soutien, on associe diversification des démarches, diagnostic, anticipation, explicitation, mise en relation entre les savoirs et les applications. Les méthodes d'apprentissage, de réalisation d'une tâche ou de production d'un travail attendu ne s'apprennent pas hors sol ou hors contexte. L'accompagnement personnalisé en STS, sera un temps d'observation sur « comment » s'y prend l'étudiant dans la réalisation d'une tâche avec une centration dominante sur l'individu et non sur le savoir lui-même.

2.3 Qu'est-ce que l'autonomie ?

L'autonomie est une compétence – ou une capacité selon les auteurs et le sens donné à ces termes – qui permet à un individu de construire et de conduire un projet, une réalisation, une tâche en étant capable de prendre en compte les contraintes liées à un cahier des charges, à la sécurité, au temps, de rassembler les ressources intellectuelles, matérielles ou humaines et de trouver un chemin pour parvenir au résultat attendu.

Des capacités à agir ...

L'autonomie, c'est construire un projet d'action et gérer la réalisation de ce projet au sein d'une structure qui définit les contraintes globales et apporte une aide lorsqu'elle est nécessaire." "Être autonome, c'est savoir se fixer des objectifs que l'on peut atteindre et gérer son temps et ses activités en fonction de ces objectifs au sein d'un ensemble plus grand qui détermine ce qui est possible et ce qui ne l'est pas." (H. Portine).

Des capacités personnelles et interpersonnelles ...

L'autonomie est une capacité de haut niveau, cognitive mais aussi psychologique et sociale, qui implique des qualités d'attention, d'autocontrôle, de confiance en soi et de relation que peu d'individus possèdent ensemble à l'état naturel", d'après M. Linard (2003).

L'autonomie est donc une capacité à s'engager, à décider et à agir. Elle ne se décrète pas, elle ne fait pas partie d'un bagage *a priori* mais elle se construit progressivement à partir de la naissance et tout au long de la vie. L'École est un lieu de sa construction. L'autonomie n'est pas une compétence binaire – possédée ou pas – mais graduelle. Chaque individu possède un degré d'autonomie plus ou moins élevé face à une tâche ou un projet, plus ou moins élevé durant son parcours de formation.

L'objectif de la formation en STS est bien de continuer à développer l'autonomie des étudiants dans des situations qui peuvent relever d'un contexte professionnel mais aussi, parfois, qui participent au développement personnel comme, par exemple, l'aptitude à se former, à communiquer, à écouter ou à travailler en équipe. La confiance en soi croît avec l'autonomie qui à son tour contribue à la développer.

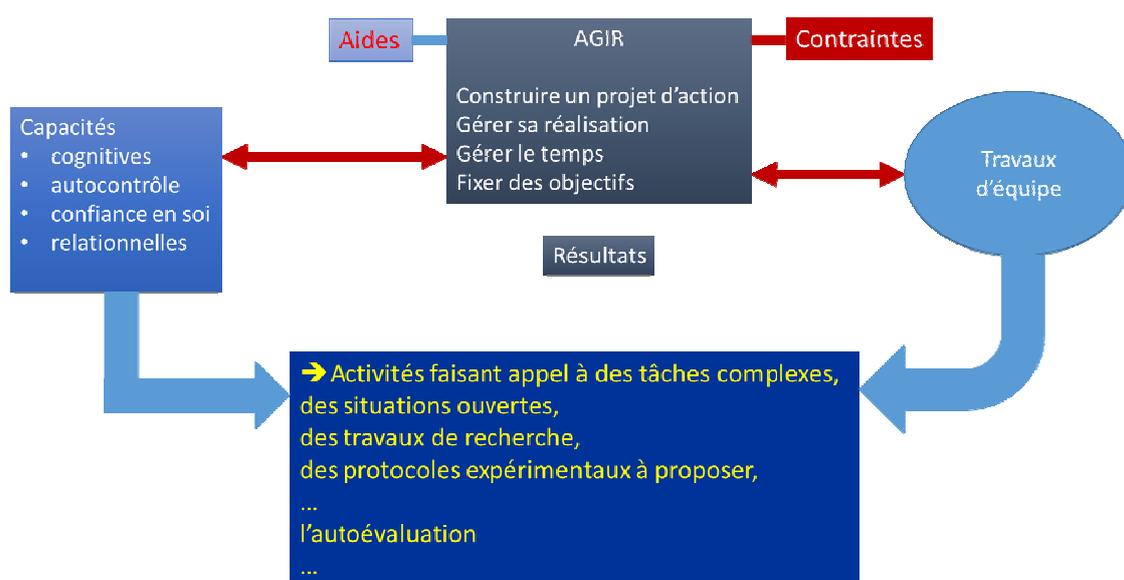
Développer l'autonomie dans le cadre d'une formation, c'est proposer aux étudiants des projets ou des tâches – ou des activités pour utiliser le langage de la formation – qui confrontent l'étudiant ou le groupe d'étudiants à un problème dans un contexte technologique et qui nécessitent :

- de comprendre le travail à effectuer (appropriation) ;
- de définir - de choisir - une stratégie ou un chemin pour apporter une réponse ;
- de faire appel à ses propres connaissances;
- de les compléter par des recherches conduites seul ou en équipe ;
- de construire une réponse : objet technologique, paramétrage d'un process, solution scientifique à un problème, ... ;
- de confronter cette réponse à la demande ou au cahier des charges en analysant les écarts ;
- de proposer d'éventuelles améliorations ;
- d'expliquer l'ensemble de la démarche (choix effectués, résultats, ...).

Cette démarche est rarement aussi linéaire, les allers-retours entre la réponse apportée et celle attendue confortent ou amènent à infléchir les choix.

Mettre l'étudiant dans une telle situation, c'est le confronter à une tâche complexe – qui n'est pas pour autant compliquée – pour laquelle le chemin vers la réponse n'est pas donné.

L'accompagnement personnalisé doit être un moment privilégié, dans des lieux variés (salles de classes, laboratoires, atelier, ...), pour amener chaque étudiant à réfléchir sur sa propre autonomie au regard des attentes de la formation suivie, des situations proposées et sur la manière de l'accroître.



3 Qui peut intervenir en accompagnement personnalisé et que faire en accompagnement personnalisé?

3.1 Qui peut intervenir en accompagnement personnalisé?

L'accompagnement personnalisé concerne toutes les disciplines en fonction des besoins des étudiants, ce qui nécessite une organisation de l'accompagnement personnalisé au sein de la formation : à quelles périodes, consacrerait-on un temps d'accompagnement personnalisé par exemple au français, aux mathématiques ou à l'enseignement d'instrumentation de régulation ou d'automatique ? Cette organisation constitue le projet accompagnement personnalisé pour la filière (voir ci-après) et doit bien évidemment prendre en compte les progressions dans les différentes disciplines.

3.2 L'accompagnement personnalisé sous forme ponctuelle ou s'inscrivant dans la durée.

L'accompagnement personnalisé peut répondre à des besoins ponctuels disciplinaires identifiés. Il serait cependant illusoire d'imaginer faire acquérir en début d'année scolaire par exemple, à un public d'étudiants particuliers, l'ensemble des concepts d'une discipline et les méthodes associées non acquis antérieurement, en espérant un réinvestissement probable ultérieur dans la scolarité. Un concept, des lois ou des méthodes s'acquièrent plus efficacement lorsque les problèmes ou les sujets traités nécessitent leur application. Une « mise à niveau global » en début de première année s'avère inefficace au regard des exigences du référentiel en termes de compétences.

Au contraire, ponctuellement, en courte anticipation ou en phase avec l'enseignement de sujets professionnels ou scientifiques du programme, l'accompagnement personnalisé peut éviter des blocages, montrer l'intérêt et le besoin d'un apprentissage particulier et la nécessité d'un investissement personnel dans l'acquisition de nouveaux savoirs :

- l'anticipation, abordée concrètement, peut permettre à un étudiant de mieux comprendre et assimiler un cours ;
- le diagnostic qui ne doit pas revêtir l'habit d'une lourde et longue évaluation mais plutôt celui d'une rapide évaluation afin de distinguer les connaissances enfouies et réactivables de celles qui sont absentes ;
- la diversité des méthodes et des démarches afin de faire appel aux intelligences multiples, au besoin plus ou moins importants d'approches concrètes de certains étudiants. Ainsi, on peut prévoir quelques séances d'accompagnement personnalisé en français en début de seconde année pour travailler sur le rapport de stage. Pour certains étudiants, l'appréciation du travail de rédaction pourra passer par une oralisation et une écoute, pour d'autres par une relecture critique de pairs, pour d'autres encore par l'analyse d'exemples de rapports ;
- l'approfondissement incite des étudiants qui en ont l'envie à aller plus loin dans les savoirs scientifiques ou professionnels, en vue peut-être d'une poursuite d'études, ou de l'acquisition d'un niveau de compétences plus élevé que celui attendu.

L'accompagnement personnalisé peut également se donner comme objectif le développement de compétences ou d'attitudes plus génériques utilisables dans toutes les disciplines. On peut citer par exemple l'expression orale ou encore le travail personnel hors temps scolaire. Bien que travaillé dans les classes antérieures, force est de constater que de nombreux étudiants ne savent pas ce que signifie « savoir un cours » et ni « comment travailler pour acquérir ce savoir ». Un tel projet – pour ne pas dire défi – est indispensable à élaborer en STS car il participe d'une part au développement de l'autonomie et d'autre

part contribue grandement à la compétence « se former ». Les professeurs constatent très souvent l'absence de travail personnel hors la classe ou tout au moins un temps de travail très limité ; la tentation de prendre acte de ce constat et d'en rester là est grande. Ce doit être un réel travail d'équipe – qui commence par chasser l'implicite dans toutes ses niches en s'efforçant de préciser les contenus à mémoriser, ceux à savoir appliquer, à réinvestir, ceux qui seront à retrouver – que d'engager une réflexion sur ce thème.

3.3 Un projet pour la filière qui se construit en amont.

La mise en place de l'accompagnement personnalisé ne s'improvise pas à la rentrée. Il s'agit d'un réel projet d'équipe qui prend appui sur la connaissance des élèves recrutés, connaissance construite au fil de la formation, connaissance dynamique avec la double évolution des publics et des objectifs de formation du nouveau référentiel.

L'accompagnement personnalisé ne peut constituer la variable d'ajustement de services des professeurs au risque de le dénaturer et de lui faire perdre toute efficacité. Il peut par exemple ne pas s'avérer utile ou indispensable de cibler une heure d'accompagnement personnalisé toute l'année pour une discipline.

Projet d'équipe pédagogique, inscrit dans la formation et en lien avec tous les enseignements disciplinaires, l'accompagnement personnalisé peut aussi se révéler un espace d'expérimentation pour les équipes, un temps de dialogue avec les étudiants ou de remobilisation si nécessaire.

Le stage en milieu professionnel.

Ce document renvoie au référentiel du BTS CIRA. Ne reprenant pas les différents points de celui-ci, il vise à en expliciter certains pour aider le choix, le suivi et l'évaluation du stage en milieu professionnel. Toutefois, certains éléments du référentiel seront rappelés en italique.

1 Le stage en milieu professionnel porte sur une durée globale de 12 semaines.

Typiquement, il se déroule en fin de première année et sur une partie des vacances scolaires d'été. Il paraît raisonnable que le stage puisse ainsi débuter mi-mai.

Son organisation suit la réglementation en vigueur et fait l'objet d'une convention entre lycée et l'entreprise d'accueil du stagiaire (voir référentiel du BTS).

Rappel des objectifs du stage tels qu'ils sont définis dans le référentiel.

- *découvrir le monde professionnel et de s'approprier l'organisation d'une entreprise ou d'une usine et les relations humaines qui l'animent ;*
- *s'informer sur les spécificités d'une entreprise, son champ d'activité, ses contraintes, ses atouts, ses objectifs, ses liens avec les clients et les fournisseurs ;*
- *approfondir et de mettre en pratique des compétences acquises ou en cours d'acquisition, en étant associé aux tâches relevant d'activités professionnelles ;*
- *travailler au sein d'une équipe, en milieu professionnel, pour la réalisation d'une activité, en intégrant les compétences et les responsabilités de chacun des acteurs ;*
- *mesurer les contraintes et les attentes liées aux tâches accomplies par un technicien supérieur CIRA : contraintes temporelles et spatiales, contraintes liées à l'activité de l'entreprise et à son organisation, contraintes et atouts des systèmes d'information, attentes de la hiérarchie, du client et des fournisseurs ;*

Le stage est l'occasion pour le candidat d'analyser une démarche QHSSE (qualité, hygiène, santé, sécurité et environnement) dans un cas particulier. Cette démarche peut relever de la lutte contre les non conformités au sein d'une démarche d'amélioration continue, de l'analyse et de la prévention des risques en faisant appel aux réglementations, aux normes techniques mais aussi à la politique et au système de management de l'entreprise.

Cette démarche s'appuie sur les compétences du candidat, même si celles-ci sont en cours d'acquisition, et doit être en lien avec le champ de spécialisation de la section de technicien supérieur CIRA. Elle s'exercera dans le cadre d'une fonction relevant du référentiel d'activités professionnelles du diplôme.

Le stage est une période de formation permettant de valider des compétences liées au référentiel de compétences du diplôme sans que le contenu du stage ne soit strictement limité à l'exercice de ces compétences.

2 Les compétences évaluées dans le cadre du stage et les compétences développées sans être évaluées en tant que telles.

2.1 Compétences évaluées

APP1	Identifier une problématique industrielle dans toutes ses dimensions et la reformuler
APP5	Appréhender les risques liés à l'environnement industriel
APP6	Respecter et prendre en compte les règles de l'entreprise
ANA7	Évaluer et prévenir les risques dans le cadre d'une démarche QHSSE
REA4	Respecter et faire respecter les consignes liées à une démarche QHSSE
COM2	Communiquer par écrit en français et en anglais scientifique et technique

La compétence APP1 est directement liée aux champs du CIRA. Si seule l'identification est évaluée, l'étudiant sera conduit probablement à analyser cette problématique et à proposer une réponse. Son action et ses propositions seront révélatrices de la bonne compréhension de la problématique industrielle.

Les compétences liées aux risques, à leur prévention et à la démarche QHSSE, seront à évaluer au regard des plans et des actions mises en place dans l'entreprise où s'effectue le stage. Selon celle-ci, la dimension « risques » est plus ou moins importante et on ne demandera pas à l'étudiant d'inventer des risques potentiels.

Par contre, il sera fortement invité à effectuer des démarches au sein de l'entreprise pour identifier les éventuelles zones de risques, les plans et les consignes mis en œuvre pour les prévenir, le suivi de ces plans, leur évolution, leur confrontation aux normes et réglementations en vigueur, les projets de l'entreprise dans ce domaine.

Selon l'entreprise, l'étudiant sera également invité à identifier la mise en œuvre d'une démarche d'amélioration continue touchant la qualité au sens large : qualité industrielle, nouveaux produits ou évolution des dispositifs mis en œuvre, contribution de l'entreprise à la qualité environnementale, démarche mise en place dans l'entreprise pour la conduite de projets ...

La compétence COM2 sera évaluée à travers le rapport de stage.

2.2 Compétences développées

Au-delà des compétences évaluées, d'autres seront mises en œuvre ou développées et notamment celles faisant référence au domaine professionnel et touchant l'instrumentation, la régulation, le contrôle automatique et les automatismes.

Si une lecture rapide des compétences évaluées pourrait laisser croire que tout milieu professionnel est susceptible de convenir, **le stage est choisi en fonction des activités de l'entreprise en lien avec le champ professionnel du BTS** (voir référentiel du BTS, « Mise en place et suivi du stage »). Les étudiants devront, lors de leur stage, réaliser des tâches qui relèvent du référentiel des activités professionnelles. Ces tâches sont conduites seul, en équipe ou en accompagnement avec le tuteur.

3 Contrat d'objectifs.

Un contrat d'objectifs est établi entre le maître de stage, l'étudiant et le professeur qui suit le stage. Un modèle de ce contrat est reproduit en **annexe 1**.

Signé par les parties prenantes, il précise la possibilité d'évaluer au cours du stage les compétences du référentiel qui doivent l'être mais assure également une garantie sur l'adéquation entre les activités de l'entreprise d'accueil et la formation suivie.

4 Le suivi de stage.

Le suivi du stage est assuré par un tuteur en entreprise et par un professeur intervenant en STS CIRA.

Le bilan de l'activité du stagiaire est formalisé dans des rapports succincts dont un modèle est fourni en **annexe 2**. Il s'agit d'apprécier l'intégration du stagiaire dans l'entreprise, sa capacité à s'approprier le sujet, les tâches qu'on lui demande d'accomplir, sa capacité à travailler en équipe – si l'organisation dans laquelle il est accueilli s'y prête – son autonomie à rechercher des ressources internes – personnes, documents, ... – pour appréhender la politique de l'entreprise dans la prévention des risques ou la démarche qualité.

5 Le rapport de stage, la présentation orale et l'évaluation

À l'issue du stage, les candidats scolaires rédigent un rapport présentant les éléments suivants :

- *l'entreprise d'accueil, ses productions, sa structure et ses modes d'organisation (par le biais de quelques pages synthétiques résumant ces données) ;*
- *une description et une analyse des activités professionnelles conduites au cours du stage ;*
- *un exemple analysé de démarche QHSSE pour un système CIRA dans un domaine de l'entreprise où s'effectue le stage ;*
- *un exemple analysé de prévention de risques liés à l'environnement industriel ;*
- *un résumé en anglais d'une demi-page concernant l'un des deux exemples analysés.*

Ces développements doivent être structurés et doivent permettre d'explicitier les objectifs assignés, les résultats obtenus ou observés, les contraintes prises en compte et être accompagnés de commentaires personnels.

L'ensemble doit se limiter à une trentaine de pages, annexes comprises, privilégiant des développements personnels et limitant au maximum les reproductions de documents disponibles dans l'entreprise.

Le rapport est évalué en utilisant une grille dont un modèle est donné à l'annexe 3 ci-après. Cette évaluation est construite à partir de trois contributions :

- le rapport d'activités du stage en milieu industriel : qualité rédactionnelle et contenu scientifique et technique ;
- la présentation orale du candidat et l'entretien qui lui succède : contenu scientifique et capacités réflexives du candidat ;
- le comportement du candidat sur son lieu de stage.

Le référentiel précise la structure et le contenu du rapport d'activités en milieu professionnel. On conseillera aux étudiants d'éviter tout « remplissage » peu utile –

multiples schémas d'organisation de l'entreprise, annexes sans rapport avec le sujet présenté, ... — afin de centrer le contenu sur l'analyse des exemples choisis.

Une circulaire interacadémique précisera la date à laquelle doit être rendu le rapport de stage. Afin de déconnecter le stage en milieu professionnel du projet technique, il sera souhaitable que le rapport soit rendu au plus tard fin octobre lors de la deuxième année de formation.

Lors de l'exposé oral et de l'entretien, le jury n'évalue pas directement l'expression orale du candidat, cette compétence étant évaluée dans une autre épreuve, mais elle est néanmoins mise en œuvre dans ce contexte et elle contribue à la clarté, à la précision et à la richesse de la prestation. De même, le support utilisé pour la présentation ne fait pas, en tant que tel, l'objet d'une évaluation mais il contribue lui aussi à la qualité du contenu scientifique et technique de la présentation.

Enfin, dans l'évaluation, on attachera une importance particulière à l'attitude du candidat dans l'entreprise : intégration, travail en équipe, autonomie ... La fiche du maître de stage et les visites effectuées par les professeurs seront d'un apport précieux pour renseigner cette rubrique.

6 Quelques liens vers des ressources légales sur les stages en milieu professionnel.

Loi du 10 juillet 2014 tendant au développement, à l'encadrement des stages et à l'amélioration du statut de stagiaire :

https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000029223331

Décret du 27 novembre 2014 relatif à l'encadrement des périodes de formation en milieu professionnel et des stages :

https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000029813186

Décret du 26 octobre 2015 relatif à l'encadrement du recours aux stagiaires par les organismes d'accueil :

https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000031388970

Direction de la réglementation, du recouvrement et du service. Lettre circulaire sur la réforme du statut des stagiaires par la loi du 10 juillet 2014.

https://www.urssaf.fr/portail/files/live/sites/urssaf/files/Lettres_circulaires/2015/ref_LCIRC-2015-0000042.pdf

Guides stagiaires de l'enseignement supérieur.

<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid88693/guide-des-stages-etudiants-informations-pratiques.html#textes>

BTS CIRA - STAGE EN MILIEU PROFESSIONNEL

Lycée. _____

Contact. Téléphone : _____ Courriel : _____

CONTRAT D'OBJECTIFS

(une copie est jointe au mémoire de l'étudiant)

Nom et prénom du stagiaire :

Nature de l'entreprise :

Thème du sujet de l'étude sur site :

.....

.....

.....

Positionnement du sujet par rapport aux capacités du référentiel

L'étude sur site permet-elle de valider les capacités suivantes ?	OUI	NON
Identifier une problématique industrielle dans toutes ses dimensions et la reformuler		
Appréhender les risques liés à l'environnement industriel		
Respecter et prendre en compte les règles de l'entreprise		
Évaluer prévenir les risques dans le cadre d'une démarche QHSSE		
Respecter et faire respecter les consignes liées à une démarche QHSSE		
Communiquer par écrit en français et en anglais scientifique et technique *		

* Cette compétence est évaluée dans le cadre du rapport de stage.

Positionnement du stage par rapport au champ professionnel de la formation

	OUI	NON
L'entreprise dans laquelle s'effectue le stage a des activités dans le domaine de l'instrumentation et de la régulation automatique		
Les tâches confiées relèvent du référentiel des activités professionnelles du BTS CIRA		

Date :

NOMS ET SIGNATURES

Le maître de stage :

Le stagiaire :

Le professeur chargé du suivi du stage :

BTS CIRA - ETUDE SUR SITE
FICHE DE SUIVI DE STAGE
 (document à remplir par le maître de stage)

Nom et prénom du stagiaire :

Services successifs d'accueil et tâches correspondantes confiées au stagiaire:

AVIS SUR L'ACTIVITE DU STAGIAIRE	A	B	C	D
Degré de collaboration avec les autres membres du service				
Adaptation des connaissances professionnelles au travail demandé				
Aptitude à l'analyse face aux problèmes posés				
Adéquation entre les tâches réalisées et le travail demandé				
Capacité réflexive sur le travail réalisé				
Capacité d'écoute et de prise en compte des conseils				

A= Très Bien B= Bien C= Acceptable D= Insuffisant

Observations complémentaires:

Date à laquelle le stagiaire a pris connaissance du sujet:

Sujet de l'étude sur site :

AVIS SUR L'ETUDE SUR SITE	OUI	NON
Le sujet a-t-il été imposé au stagiaire ?		
Le sujet a-t-il fait l'objet d'une concertation avec le stagiaire ?		
Le stagiaire a-t-il bénéficié de rapports d'études existants ?		
Le stagiaire a-t-ileu accès à la documentation nécessaire ?		
Le stagiaire a-t-il, en autonomie, rencontré les services de l'entreprise ou les personnes susceptibles de lui apporter des informations dans le domaine de la prévention des risques et de la QHSSE ?		
Les objectifs d'évaluation fixés par le contrat d'évaluation ont-ils été atteints ?		

Le cas échéant, préciser les objectifs non atteints :

Nom du maître de stage :

Signature :

Entreprise :

BTS CIRA ETUDE SUR SITE
FICHE DE SUIVI DE STAGE
Document à remplir par le professeur)

Nom et prénom du stagiaire :

Contacts successifs effectués durant le stage :

(indiquer : date, personnes rencontrées, conseils donnés au stagiaire, autres observations)

N°1

N°2

N°3

AVIS SUR L'ACTIVITE DU STAGIAIRE	A	B	C	D
Autonomie au sein de l'entreprise : démarches personnelles, intégration, connaissance de l'entreprise ...				
Appropriation du sujet du stage et analyse de celui-ci				
Implication dans un travail d'équipe ou dans une activité individuelle (selon le cas)				
Réalisation ou travaux en conformité avec un cahier des charges ou des demandes de l'entreprise.				

A= Très Bien

B= Bien

C= Acceptable

D= Insuffisant

Observations complémentaires :

Nom du professeur responsable du suivi du stage :

Signature :

RAPPORT D'ACTIVITES EN MILIEU PROFESSIONNEL				
RAPPORT D'ACTIVITES SUR LE PLAN RÉDACTIONNEL	A	B	C	D
Présentation (mise en page, lisibilité, structure)				
Qualité de l'expression : syntaxe, orthographe, précision du lexique scientifique ou technique utilisé				
Niveau d'anglais dans le résumé				
Qualité du rapport d'activités sur le plan rédactionnel	Note : / 3			
CONTENU SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU RAPPORT D'ACTIVITES	A	B	C	D
Description des activités professionnelles conduites				
Analyse d'un exemple de démarche QHSSE				
Analyse d'un exemple de prévention des risques				
Analyse d'un exemple d'activités liées à l'instrumentation, au contrôle automatique ou aux automatismes				
Qualité scientifique ou technique du résumé en anglais				
Contenu scientifique et technique du rapport d'activités	Note : / 4			
EPREUVE PONCTUELLE ORALE				
CONTENU TECHNIQUE DE L'EXPOSÉ	A	B	C	D
Identification de la problématique industrielle				
Analyse et appropriation du cahier des charges ou du travail à réaliser				
Présentation de la solution apportée à la problématique (à évaluer dans le cadre de l'appropriation d'une problématique industrielle)				
Présentation et analyse d'un exemple de prévention des risques				
Présentation et analyse d'un exemple de démarche QHSSE ou d'amélioration continue				
Contenu technique de l'exposé	Note : / 4			
ENTRETIEN	A	B	C	D
Niveau d'approfondissement de l'appropriation de la problématique industrielle				
Ouverture, aptitude à prendre du recul par rapport au sujet traité				
Réflexivité sur les choix effectués par l'entreprise dans un domaine tel que la QHHSE ou l'amélioration continue ou la prévention des risques				
Aptitude à s'intéresser à l'environnement industriel du lieu du stage				
Entretien	Note : / 4			
INTEGRATION DANS L'ENTREPRISE, PRISE EN COMPTE DES REGLES DE FONCTIONNEMENT	A	B	C	D
Intégration dans l'entreprise et collaboration à un travail d'équipe				
Autonomie dans la réalisation des tâches, la recherche d'information				
Respect des règles de l'entreprise				
Capacité d'écoute et de prise en compte des conseils				
Intégration dans l'entreprise, prise en compte des règles de fonctionnement	Note : / 5			
Stage en milieu professionnel	Note : /20			

L'évaluation en STS CIRA

1 Introduction

La formation assurée en STS CIRA a, entre autres, pour objectif de préparer les futurs techniciens à résoudre les différents problèmes auxquels ils seront confrontés dans leur métier. Pour ce faire, ils doivent être en mesure de mobiliser des compétences dans des situations très variées et pas toutes prévisibles dans le contexte d'une formation. Il faut donc les préparer en ce sens en les mettant en situation de résoudre des problèmes¹. La notion de résolution de problème doit être prise dans son sens le plus large : apporter **une** solution à une problématique industrielle sans que le cheminement ne soit imposé. Pour cela, le futur technicien doit mobiliser différentes compétences :

- « **s'approprier** » : il s'agit de comprendre la question posée, voire de la reformuler de manière scientifique et technologique. Il faut savoir extraire les informations utiles de la documentation, les trier, les hiérarchiser et mobiliser les connaissances en rapport avec le problème à traiter ;
- « **analyser** » : il s'agit d'interpréter les informations extraites, de les exploiter pour proposer une démarche expérimentale ou théorique afin d'obtenir une solution. Cela peut comprendre la formulation d'hypothèses, le choix d'un modèle, celui d'un protocole expérimental, ... ;
- « **réaliser** » : il s'agit d'exécuter les tâches, qu'elles soient expérimentales ou théoriques, correspondant à la démarche choisie;
- « **valider** » : il s'agit de vérifier la cohérence des résultats obtenus avec ceux attendus. On peut être amené à proposer des améliorations ;
- « **communiquer** » : il s'agit de décrire clairement la démarche suivie, en utilisant un vocabulaire scientifique adapté, de manière rigoureuse.

Les **compétences** nécessitent la mobilisation des **connaissances** fondamentales, des **capacités** à les mettre en œuvre dans des situations variées et des **attitudes** indispensables à l'exercice d'un métier.

La certification prend en compte cette dimension en vérifiant que les candidats maîtrisent cette capacité à résoudre des problèmes. Il est donc nécessaire, durant les deux années de formation, de continuer à habituer les élèves à mener ce type de tâches, qu'on les appelle tâches complexes, problèmes ouverts ou résolution de problème et ce, en continuité avec la formation qu'ils ont pu suivre dans les filières STI2D ou STL.

Il convient alors de leur proposer des situations de formation et d'évaluation qui leur permettent d'exercer les compétences visées.

Les situations proposées en formation peuvent être classées suivant plusieurs niveaux de difficulté en fonction de la nature du raisonnement qu'il faut mettre en œuvre :

- niveau 1 : situation constituée d'une succession de « tâches simples » : une restitution de connaissance, une application numérique directe, une expression littérale à établir, la lecture ou l'exploitation directe d'une information ;
- niveau 4 : situation constituée d'une tâche complexe (résolution de problème, problème ouvert, ...). Il s'agit d'une situation dans lequel l'élève doit, par lui-même et sans être guidé, définir et réaliser plusieurs étapes avant de pouvoir répondre à la

¹ http://eduscol.education.fr/fileadmin/user_upload/Physique-chimie/PDF/resolution_probleme_cpge_aout2015.pdf.pdf

question. Ces résolutions de problèmes se rapprochent plus des tâches que l'élève côtoiera dans sa vie professionnelle ;

- niveaux 2 et 3 : situations intermédiaires dans lesquelles on précise un certain nombre d'étapes utiles à la résolution.

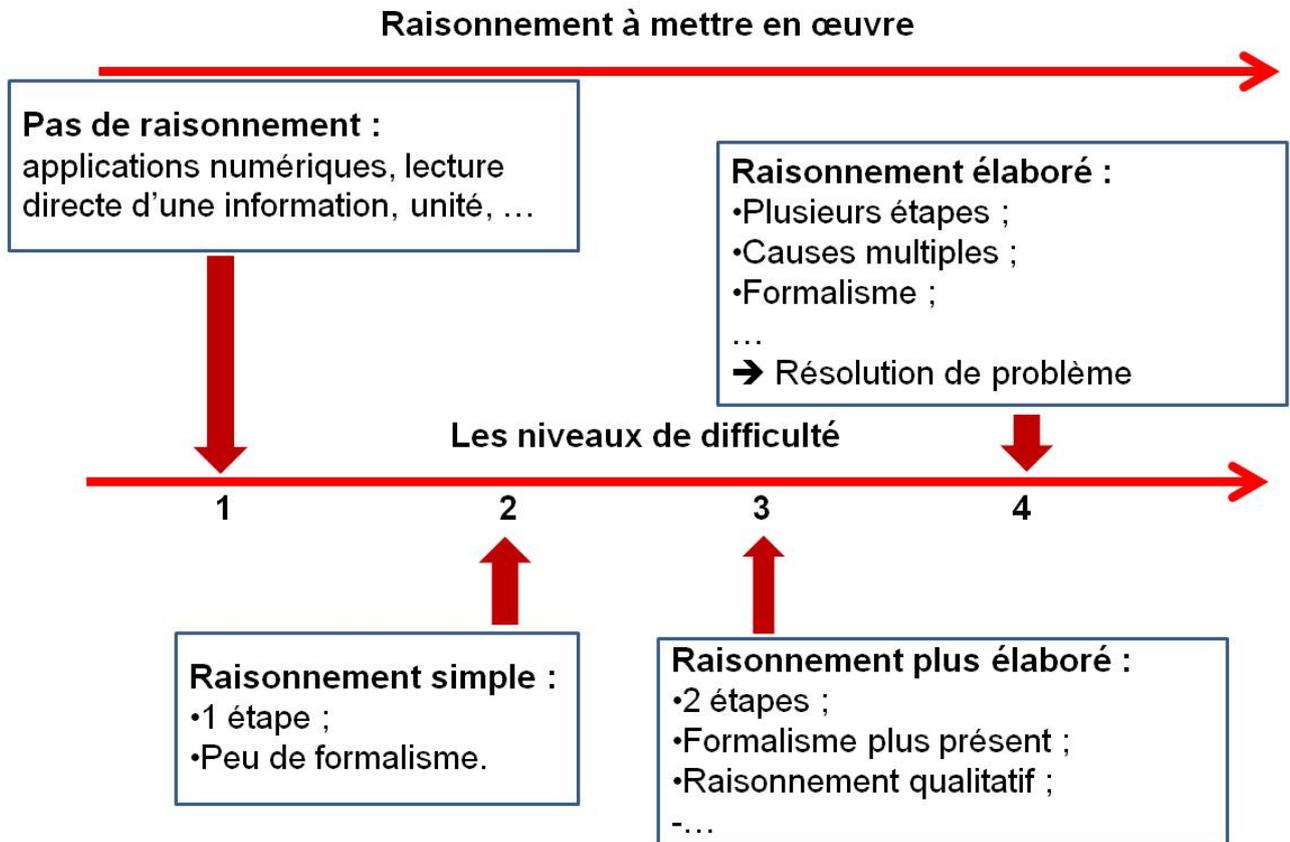


Schéma synthétique représentant le lien entre le raisonnement à mettre en œuvre et les niveaux de difficultés de l'exercice, du problème ou de la question

Le niveau de difficulté se traduit par un poids plus ou moins important de chacune des compétences mises en œuvre dans la situation.

	Poids	Compétence			Poids	Compétence	
	1	S'approprier			2	S'approprier	
	2	Analyser			4	Analyser	
	4	Réaliser			3	Réaliser	
	1	Valider			1	Valider	
	1	Communiquer			1	Communiquer	
Prépondérance de la compétence « réaliser » : tâche de niveau 1				Prépondérance de la compétence « analyser » : tâche de niveau 4			

Lors de la formation, il n'est pas nécessaire de proposer toujours des situations mettant en œuvre systématiquement toutes les compétences : certaines d'entre-elles peuvent faire l'objet d'un travail spécifique. Par contre, il faut que les étudiants soient régulièrement exposés à « des résolutions de problèmes », aussi bien théoriques qu'expérimentales.

Une même situation peut être déclinée suivant les quatre niveaux comme le montrent les exemples suivants.

2 Comment seront conçues les épreuves du BTS ?

Les épreuves comprendront des tâches de niveau 4. Des tâches de niveaux 1 à 3 seront aussi proposées aux étudiants afin de vérifier que les connaissances et capacités considérées comme fondamentales sont bien maîtrisées.

Un même contexte peut donner lieu à des formulations correspondant à des niveaux de difficultés différents. L'analyse de la situation proposée conduit à répartir les « indicateurs de réussite » attendus dans le contexte précis de l'évaluation et organisés selon les différentes compétences (grille n°1) et à définir ainsi le poids (et donc le coefficient qui lui sera affecté) de chacune de celles-ci dans l'évaluation (grille n°2).

Compétence	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
S'approprier Extraire des informations Mobiliser ses connaissances					
Analyser Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites Construire les étapes d'une résolution de problème théorique ou expérimentale					
Réaliser Effectuer des calculs littéraux et numériques Exécuter un protocole Exprimer les résultats					
Valider					
Communiquer Décrire ou présenter la démarche suivie					

Grille n°1

Poids	Compétence	A	B	C	D
	S'approprier				
	Analyser				
	Réaliser				
	Valider				
	Communiquer				

Grille n°2

L'évaluation de chaque compétence peut s'effectuer de la manière suivante :

- niveau A : les indicateurs choisis apparaissent dans leur (quasi) totalité ;
- niveau B : les indicateurs choisis apparaissent partiellement ;
- niveau C : les indicateurs choisis apparaissent de manière insuffisante ;
- niveau D : les indicateurs choisis ne sont pas présents.

L'évaluation globale prendra en compte le niveau de performance pour chacune des compétences et le poids qui lui est affecté.

2.1 Exemples concernant l'épreuve E5.1 du référentiel

2.1.1 Comment décliner une même situation suivant les quatre niveaux ?

À partir du problème de transfert du pétrole d'un pétrolier à une cuve de stockage, quatre situations sont proposées :

- la version dite « classique » (voir page 21) qui consiste en une succession de questions simples sans questionnement global : la compétence « réaliser » est prépondérante ;
- les versions RP1 et RP2 (voir page 23) : la situation s'inscrit dans un questionnement global et des étapes intermédiaires sont proposées pour guider l'étudiant dans la résolution ;
- la version RP (voir page 25) : l'énoncé en tant que tel se réduit à une question, un problème à résoudre. L'étudiant doit choisir son chemin pour aboutir à une réponse en mobilisant ses connaissances ou des informations fournies dans l'énoncé. Celles-ci ne sont pas structurées, peuvent être redondantes voire inutiles selon le chemin de résolution choisi par l'étudiant.

La répartition des réponses attendues est précisée pour chacune des compétences et le poids de celles-ci est donné.

2.1.2 Place de l'analyse documentaire dans les situations.

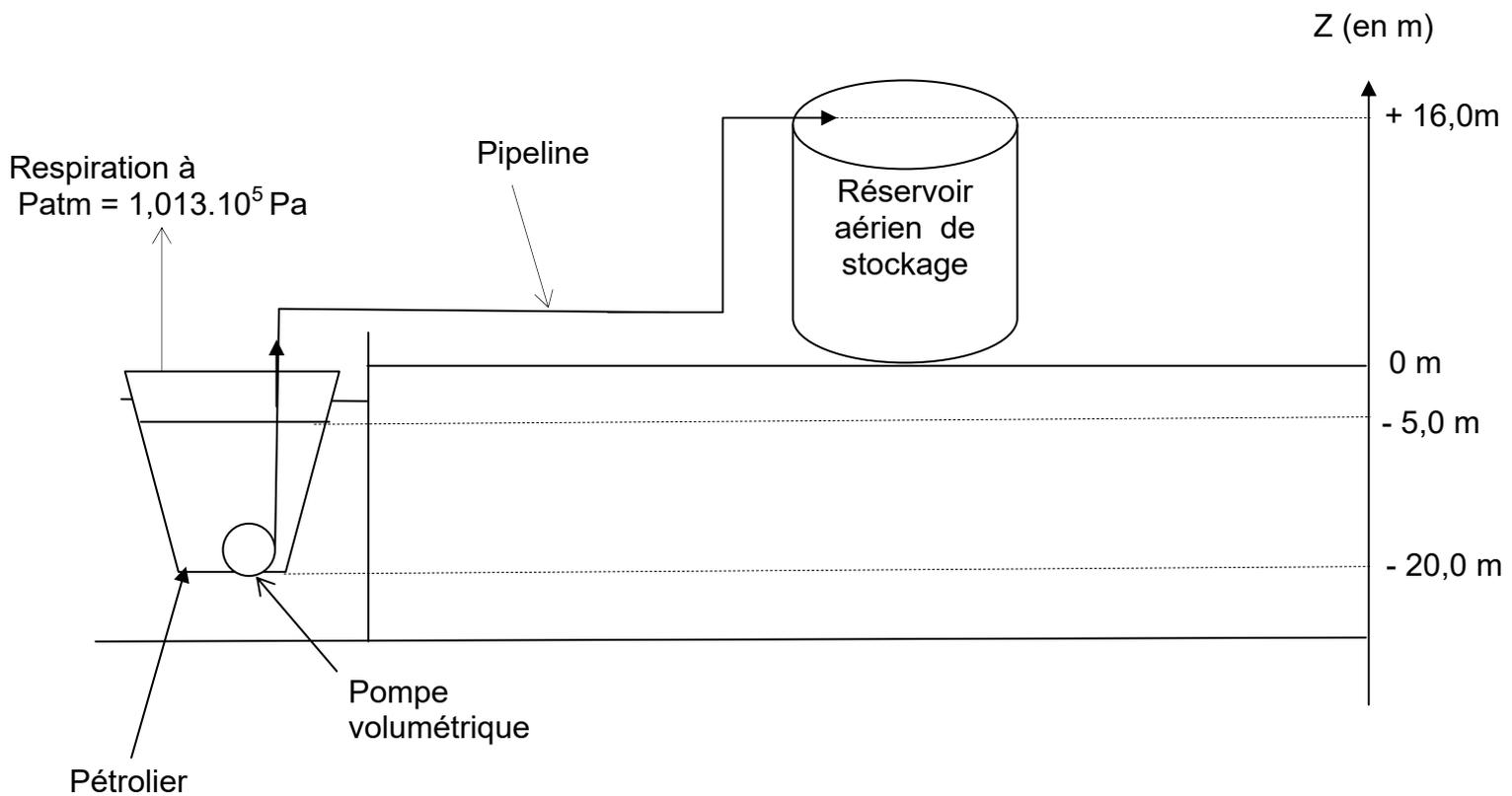
Une activité documentaire² est une tâche complexe s'appuyant sur un ou des documents de nature résolument scientifique ou technologique. Le recours à ce type d'activités – parmi d'autres – favorise non seulement l'acquisition par l'étudiant de connaissances et de capacités, en lien avec des objectifs relevant des programmes, mais contribue aussi à former l'étudiant à la démarche scientifique.

Là aussi, un même contexte peut donner lieu à plusieurs formulations donnant la priorité à une compétence plutôt qu'à une autre. C'est le cas de l'exemple proposé sur le thème de la distillation avec deux versions :

- la version dite « classique » (voir page 32) qui consiste en une succession de questions simples qui fait appel aux connaissances de l'étudiant ;
- les versions « analyse documentaire » (voir page 35) : il s'agit de s'approprier des informations présentes dans différents documents et de répondre à des questions en les associant aux connaissances « embarquées ». La compétence « s'approprier » a, dans ce cas-là, un poids important.

² [http : //eduscol.education.fr/fileadmin/user_upload/Physique-chimie/PDF/activites_documentaires_college_lycee_cpge.pdf](http://eduscol.education.fr/fileadmin/user_upload/Physique-chimie/PDF/activites_documentaires_college_lycee_cpge.pdf)

Étude du transfert du pétrole brut du pétrolier à la cuve de stockage (version classique)



Données :

<u>Pétrolier</u>	<u>Canalisations cylindriques</u>
Capacité des soutes : 30 000 tonnes	Diamètre : 50,0 cm Pertes de charge lors de la vidange : 87 kPa

- Pression atmosphérique : $P_{atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$
- La pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-1}$
- Masse volumique du pétrole brut : $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$

Le pétrolier doit livrer une partie de sa cargaison dans une raffinerie et plus particulièrement dans quatre réservoirs identiques de stockage aérien.

Pour cela, il utilise un pipeline (canalisation cylindrique) de diamètre 50 cm et une pompe immergée de débit volumique $D_v = 1197 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

- 1) Étude du temps de livraison
 - a. Calculer le débit massique d'écoulement du pétrole dans la canalisation.
 - b. Calculer le temps nécessaire pour transférer les 30 000 tonnes de pétrole.
Commenter.
 - c. Comment pourrait-on diminuer ce temps de livraison ?
- 2) Étude de la puissance hydraulique nécessaire pour le fonctionnement de la pompe
 - a. Calculer la vitesse du pétrole dans la canalisation.

Dans la suite des calculs, vous négligerez la vitesse du pétrole à la surface du pétrolier par rapport à celle dans le pipeline.

E5_1 transfert pétrole : version « classique »

- b. Calculer au début de l'opération de transfert du pétrole et en fin de transfert, les Hmt de la pompe.
- c. En déduire les deux puissances hydrauliques nécessaires en début et en fin de transfert.

Grille n°1

Compétence	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
S'approprier Extraire des informations Mobiliser ses connaissances	<ul style="list-style-type: none"> - m = 30 000 tonnes - $V_{\text{surface pétrole}} = 0 \text{ m.s}^{-1}$ - $P_{\text{pétrolier}} = P_{\text{atm}} = P_{\text{réservoir}} \Rightarrow$ Schéma - Les altitudes sont connues (+16,0m ; -5,0m) \Rightarrow schéma de l'installation - $D_{\text{pipeline}} = 50,0\text{cm}$; $\Delta P = 87\text{kPa} \Rightarrow$ Données - $D_v = 1197 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. 				
Analyser Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites Construire les étapes d'une résolution de problème	<ul style="list-style-type: none"> - Détermination du débit massique : $D_m = \rho \times D_v$ - Détermination du temps : $t = m / D_m$ - Calcul de la surface de passage dans l'oléoduc : $\frac{\pi D^2}{4}$ - Détermination de la vitesse avec $D_v = v \times S$ - Application de la relation de Bernoulli pour déterminer Hmt - $P = D_v \times \rho \times g \times \text{Hmt}$ 				
Réaliser Effectuer des calculs littéraux et numériques Exprimer les résultats	<ul style="list-style-type: none"> - Les calculs sont mathématiquement justes (indépendamment d'une erreur éventuelle relevant de la compétence « analyser »). - $D_m = 1,077 \times 10^6 \text{ kg.h}^{-1} = 1077 \text{ t.h}^{-1}$ - $t = 27,9 \text{ h} \Rightarrow$ beaucoup trop longue - $S = 0,196 \text{ m}^2 \Rightarrow v = 1,7 \text{ m.s}^{-1}$ - $\text{Hmt}_{\text{début}} = 31 \text{ m}$ et $\text{Hmt}_{\text{fin}} = 46 \text{ m}$ - $\text{Puissance}_{\text{début}} = 91 \text{ kW}$ et $\text{Puissance}_{\text{fin}} = 135 \text{ kW}$ 				
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre au moins 3 pompes en parallèle pour augmenter le débit 				
Communiquer Décrire la démarche suivie	<ul style="list-style-type: none"> - La démarche est exprimée clairement et elle est en cohérence avec les calculs effectués (même si elle est incomplète ou erronée) 				

Grille n°2

Poids	Compétence	A	B	C	D
1	S'approprier				
2	Analyser				
4	Réaliser				
1	Valider				
1	Communiquer				

Étude du transfert du pétrole brut du pétrolier à la cuve de stockage (version RP intermédiaire 1)

La majorité des raffineries se trouvent à proximité de zones portuaires afin de faciliter le transit avec les pétroliers.

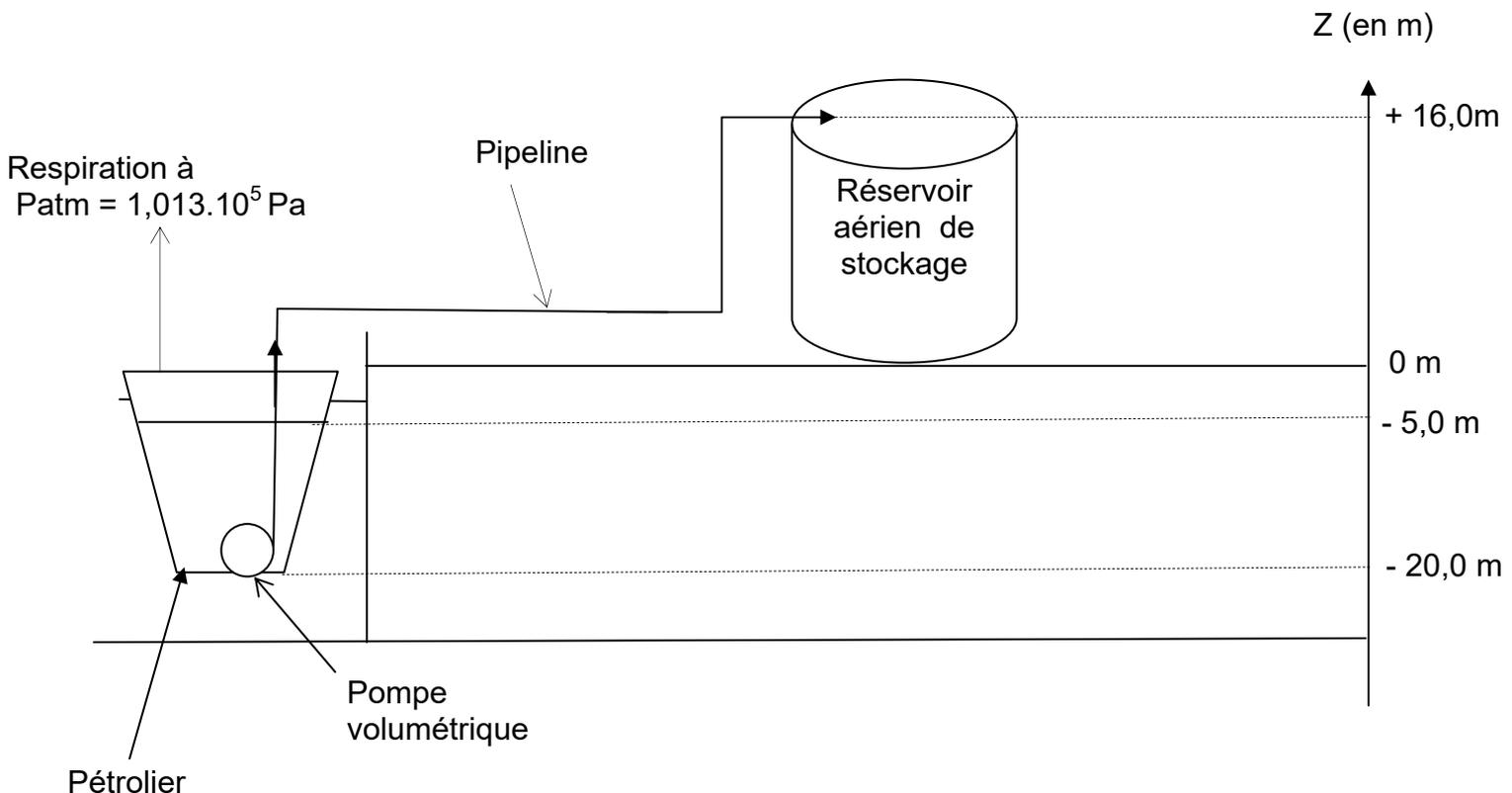
Le pétrole brut est transféré des soutes du pétrolier au réservoir aérien de stockage grâce à des pompes situées au fond des soutes par l'intermédiaire de « pipelines ».

L'objectif de cet exercice est de répondre de manière argumentée à la question suivante :
« **Combien de temps faudra-t-il pour transférer les 30 000 tonnes de pétrole, qui sont dans les soutes du pétrolier, au réservoir de stockage, dans le cas où une seule pompe se situe au fond de la soute? Commenter votre résultat.** »

Pour construire et développer votre argumentation, vous mobiliserez vos connaissances et vous vous aiderez des 4 documents fournis (n°1, n°2, n°3, n°4), et vous répondrez au préalable aux deux questions suivantes :

- Quelle est la vitesse du pétrole dans le pipeline (vous négligerez la vitesse du pétrole à la surface du pétrolier par rapport à celle dans le pipeline) ?
- Quels sont les débits volumique puis massique ?

La qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation, la rigueur des calculs, l'analyse critique des résultats, ainsi que toute initiative prise pour mener à bien la résolution du problème seront valorisées.



Document n°1 : schéma d'une installation de transfert du pétrole brut du pétrolier au réservoir de stockage

Document n°2 : Pompe volumétrique



POMPE VOLUMETRIQUE IMMERGEES A MEMBRANES pour forage et relevage

Pompe autoamorçante, pneumatique, usage industriel, agroalimentaire, chimie et pétrochimie.
 Liquides chargés, corrosifs, fragiles ou visqueux.
 Température Maxi : + 140°C.

Hauteur manométrique totale apportée par cette pompe :
 Hmt = 31mCL

http://www.frvnet.com/pompe_volumetrique_membranes.html

Document n°3 : Oléoduc

Définition : On qualifie de « pipeline » une canalisation qui permet de transporter des matières gazeuses, liquides ou solides d'un point à un autre. Les pipelines ont des caractéristiques différentes selon les produits qui se déplacent en leur sein : un pipeline transportant du pétrole est appelé « oléoduc ».

Caractéristiques oléoduc utilisé pour le transfert du pétrole :

- Diamètre : 50,0 cm
- Pertes de charge lors de la vidange : 87 kPa



<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/transport-du-petrole>

Document n°4 : Déplacement d'un fluide

Lors de la circulation d'un fluide réel dans une canalisation d'un point A vers un point B, il y a conservation de l'énergie mécanique totale du fluide. Celle-ci se traduit par l'équation de Bernoulli :

$$\begin{array}{c}
 \text{Hmt = Hauteur manométrique} \\
 \text{totale de la pompe (m)} \\
 \text{Pression dynamique (Pa)} \\
 \text{Pression statique (Pa)} \rightarrow \boxed{P_A + \rho g z_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g H_{mt}} = P_B + \rho g z_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \Delta P_{AB} \leftarrow \text{Perte de charge entre} \\
 \text{A et B (Pa)} \\
 \uparrow \\
 \text{Pression géométrique (Pa)}
 \end{array}$$

Avec la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-1}$ et la masse volumique du pétrole brut : $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$.

Étude du transfert du pétrole brut du pétrolier à la cuve de stockage (version RP intermédiaire 2)

La majorité des raffineries se trouvent à proximité de zones portuaires afin de faciliter le transit avec les pétroliers.

Le pétrole brut est transféré des soutes du pétrolier au réservoir aérien de stockage grâce à des pompes situées au fond des soutes par l'intermédiaire de « pipelines ».

L'objectif de cet exercice est de répondre de manière argumentée à la question suivante :
« Combien de temps faudra-t-il pour transférer les 30 000 tonnes de pétrole, qui sont dans les soutes du pétrolier, au réservoir de stockage, dans le cas où une seule pompe se situe au fond de la soute ? Comment diminuer ce temps de transfert ? »

Données :

<u>Pétrolier</u>	<u>Canalisations cylindriques</u>	<u>Pompe volumétrique</u>
Capacité des soutes : 30 000 tonnes	Diamètre : 50,0 cm Pertes de charge lors de la vidange : 87 kPa	Hauteur manométrique totale apportée par la pompe au début du déchargement : Hmt = 31mCL

- Pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- La pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Masse volumique du pétrole brut : $\rho = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

La qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation, la rigueur des calculs, l'analyse critique des résultats, ainsi que toute initiative prise pour mener à bien la résolution du problème seront valorisées.

1) En appliquant la relation de Bernoulli, calculer la vitesse du pétrole dans la canalisation ? (vous négligerez la vitesse du pétrole à la surface du pétrolier par rapport à celle dans le pipeline).

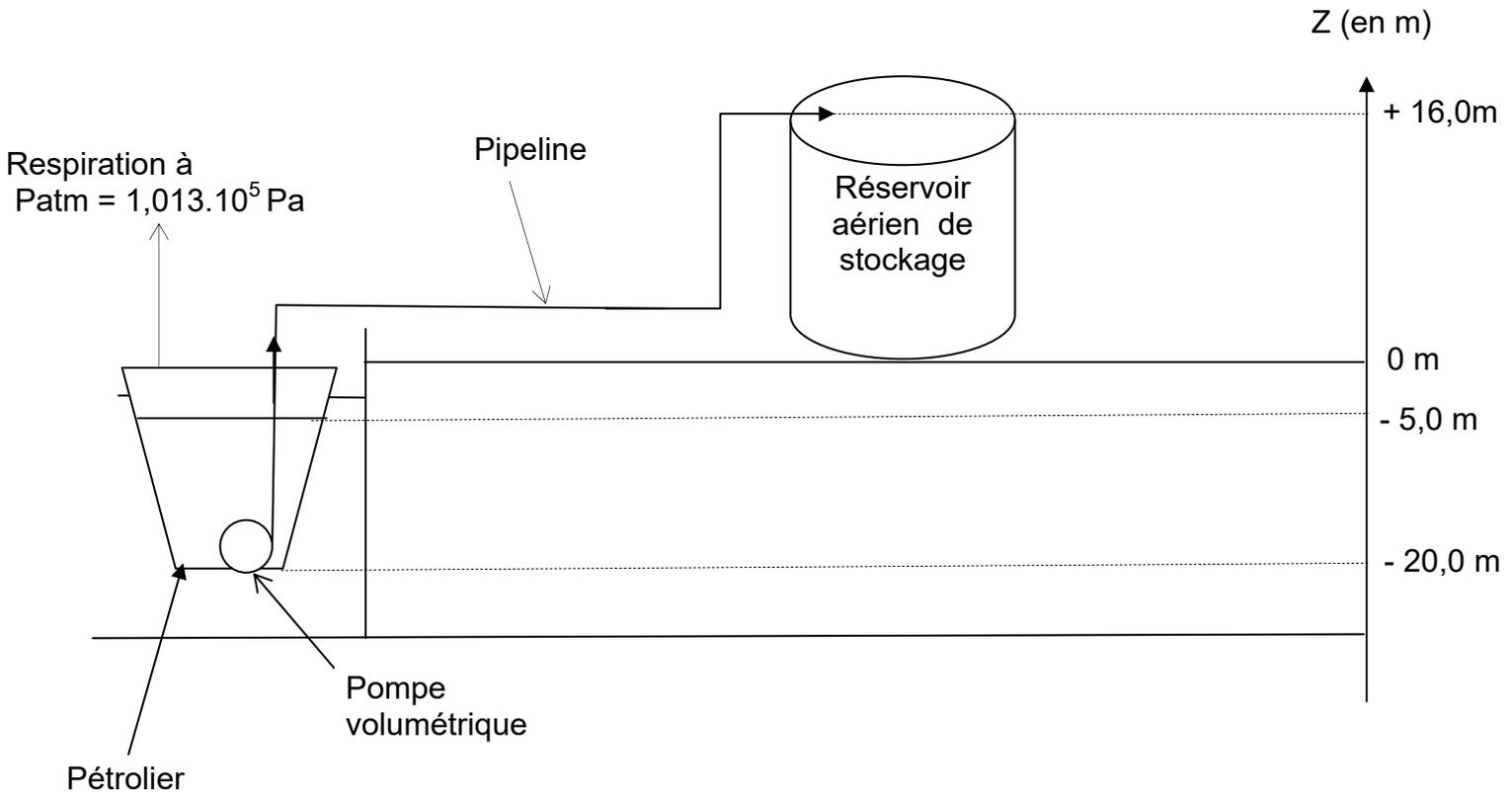
Pour la suite de l'étude, on supposera cette vitesse constante.

2) Quelle est la durée nécessaire au transfert du pétrole dans le réservoir ?
 3) On souhaite profiter de la rénovation du pipeline de l'installation pour diminuer le temps de transfert.

On conduit une première étude à partir d'un modèle d'évolution des pertes de charge pour deux diamètres de pipeline (document 3). Le modèle utilisé (document 4 donné à titre d'information) suppose un régime turbulent pour lequel l'influence de la valeur du nombre de Reynolds est supposée faible.

- Proposer une solution pour le diamètre de la canalisation et la vitesse d'écoulement sans augmentation des pertes de charge.
- Calculer la durée nécessaire au transfert du pétrole.
- Prévoir sans calcul mais avec une justification comment doit évoluer la hauteur manométrique de la pompe qui devra alors être utilisée.
- Pour maintenir la vitesse d'écoulement constante, la puissance de la pompe doit-elle varier au cours du déchargement ? Si oui, doit-elle augmenter ou diminuer (la réponse sera justifiée, sans calcul) ?

Document n°1 : Schéma d'une installation de transfert du pétrole brut du pétrolier au réservoir de stockage



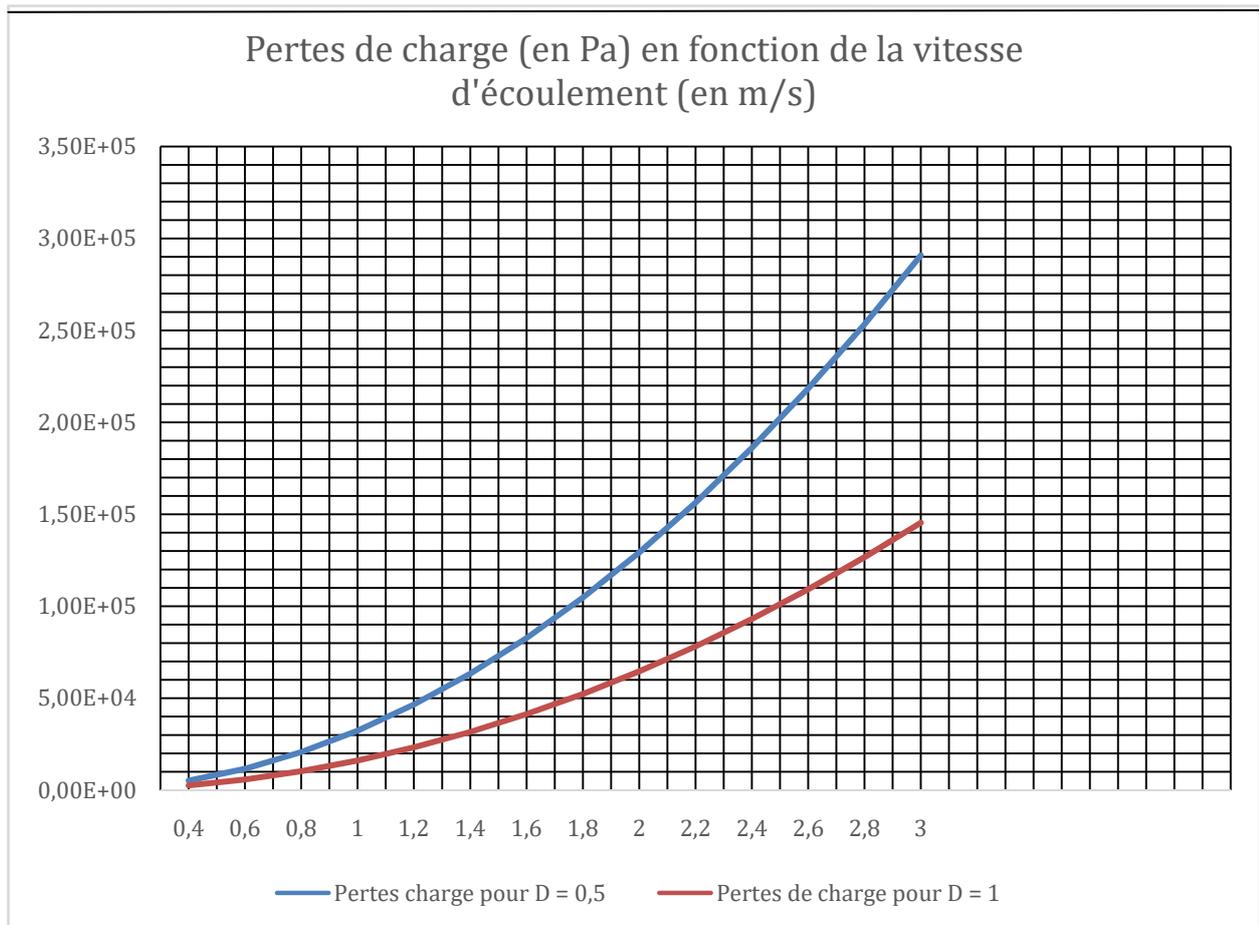
Document n°2 : Déplacement d'un fluide

Lors de la circulation d'un fluide réel dans une canalisation d'un point A vers un point B, il y a conservation de l'énergie mécanique totale du fluide. Celle-ci se traduit par l'équation de Bernoulli :

$$P_A + \rho g z_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g H_{mt} = P_B + \rho g z_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \Delta P_{AB}$$

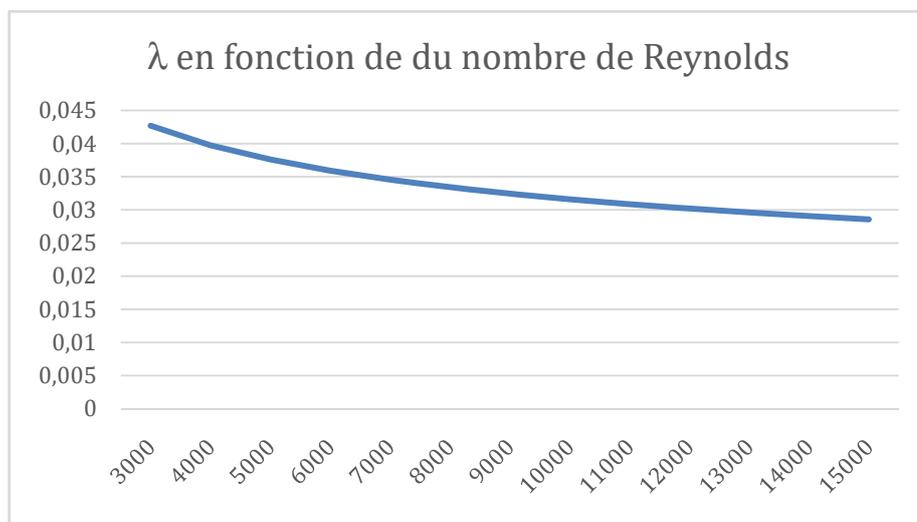
Hmt = Hauteur manométrique totale de la pompe (m) Pression dynamique (Pa)
 Pression statique (Pa) → ← Perte de charge entre A et B (Pa)
 Pression géométrique (Pa)

Document 3 : modèle des pertes de charge.



Document 4 : modèle utilisé pour les pertes de charge :

P_c (en Pa) = $\lambda \left(\frac{1}{2} \rho v^2 \right) \frac{L}{D}$ ou v est la vitesse d'écoulement, L , la longueur de la canalisation, D son diamètre et λ un coefficient dont la valeur dépend du nombre de Reynolds.



Grille n°1

Compétence	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
S'approprier Extraire des informations Mobiliser ses connaissances	<ul style="list-style-type: none"> - $m = 30\,000$ tonnes - $V_{\text{surface pétrole}} = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ - $P_{\text{pétrolier}} = P_{\text{atm}} = P_{\text{réservoir}} \Rightarrow \text{Doc n}^\circ 1$ - Les altitudes sont connues (+16,0m ; -5,0m) $\Rightarrow \text{Doc n}^\circ 1$ - Hmt = 31m ; Dpipeline = 50,0cm ; $\Delta P = 87\text{kPa} \Rightarrow \text{Données}$ - Relation de Bernoulli $\Rightarrow \text{Doc n}^\circ 2$ 				
Analyser Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites Construire les étapes d'une résolution de problème	<ul style="list-style-type: none"> - Application de la relation de Bernoulli pour déterminer la vitesse v dans l'oléoduc - Calcul de la surface de passage dans l'oléoduc : $\frac{\pi D^2}{4}$ - Détermination du débit volumique : $D_v = v \times S$ - Détermination du débit massique : $D_m = \rho \times D_v$ - Détermination du temps : $t = m/D_m$ - Graphe doc 3 pour trouver D puis v question 3 point 3 - $P = D_v \times \rho \times g \times \text{Hmt}$ question 3) point 4 				
Réaliser Effectuer des calculs littéraux et numériques Exprimer les résultats	<ul style="list-style-type: none"> - Les calculs sont mathématiquement justes (indépendamment d'une erreur éventuelle relevant de la compétence « analyser ») - Les unités sont correctes - Question 1 et 2 : $v = 1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $D_v = 1197 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$; $D_m = 1077 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$; $t = 28 \text{ h}$ - Question 3 : $D = 1 \text{ m}$; $v = 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $D_v = 7069 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$; $D_m = 6362 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$; $t = 4,7 \text{ h}$ - Hmt doit augmenter - La puissance doit augmenter 				
Valider	\Rightarrow Cette compétence n'est pas spécialement évaluée dans cet exercice				
Communiquer Décrire la démarche suivie	<ul style="list-style-type: none"> - La démarche est exprimée clairement et elle est en cohérence avec les calculs effectués (même si elle est incomplète ou erronée) 				

Grille n°2

Poids	Compétence	A	B	C	D
2	S'approprier				
3	Analyser				
3	Réaliser				
0	Valider				
1	Communiquer				

Étude du transfert du pétrole brut du pétrolier à la cuve de stockage (version RP)

La majorité des raffineries se trouvent à proximité de zones portuaires afin de faciliter le transit avec les pétroliers.

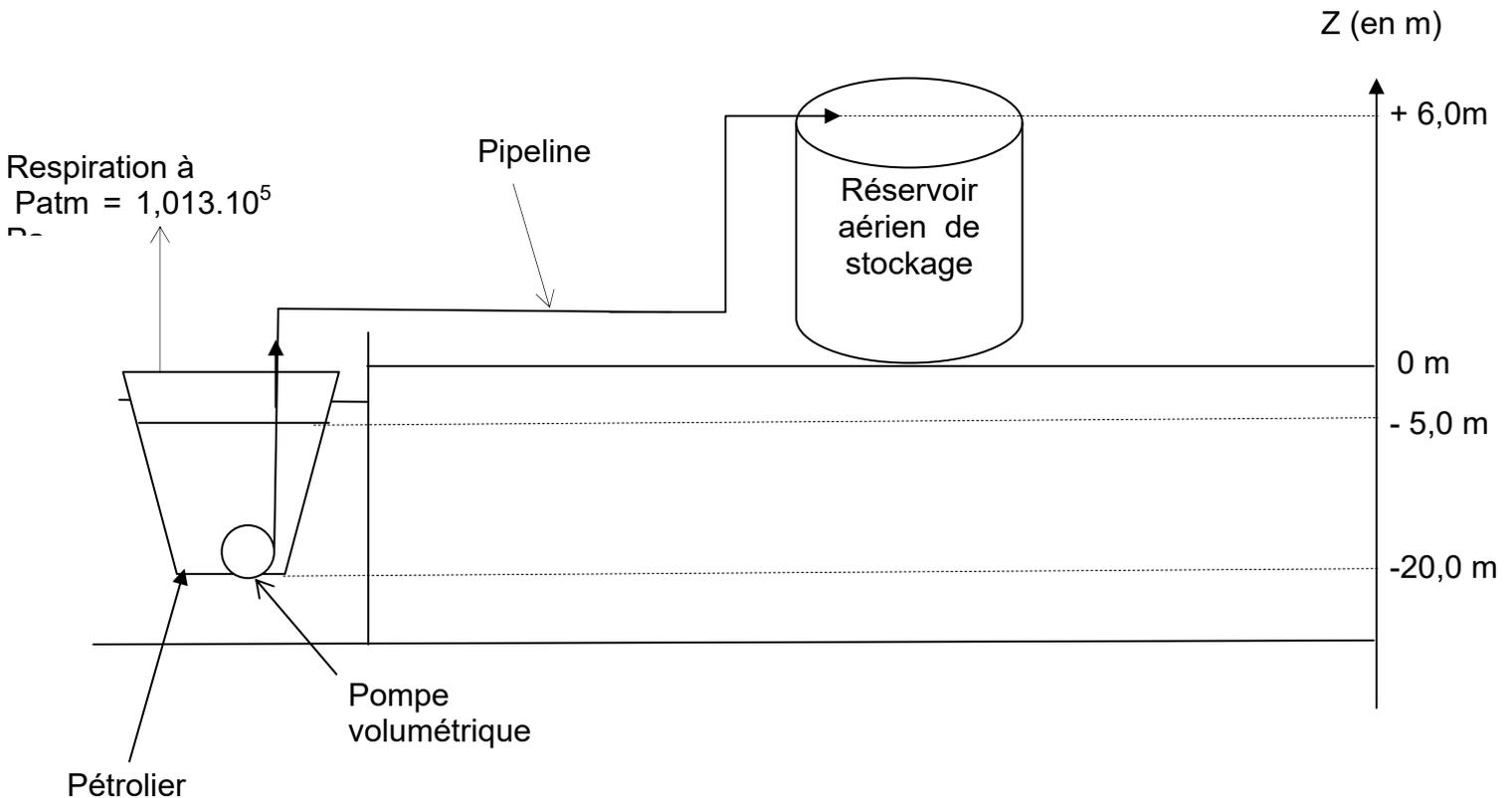
Le pétrole brut est transféré des soutes du pétrolier au réservoir aérien de stockage grâce à des pompes situées au fond des soutes par l'intermédiaire de « pipelines ».

L'objectif de cet exercice est de répondre de manière argumentée à la question suivante :
« **Combien de temps faudra-t-il pour transférer les 30 000 tonnes de pétrole, qui sont dans les soutes du pétrolier, au réservoir de stockage, dans le cas où une seule pompe se situe au fond de la soute? Commenter votre résultat.** »

Pour construire et développer votre argumentation, vous mobiliserez vos connaissances et vous vous aiderez des 4 documents fournis (n°1, n°2, n°3, n°4), et vous négligerez la vitesse du pétrole à la surface du pétrolier par rapport à celle dans le pipeline.

La qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation, la rigueur des calculs, l'analyse critique des résultats, ainsi que toute initiative prise pour mener à bien la résolution du problème seront valorisées.

Document n°1 : Schéma d'une installation de transfert du pétrole brut du pétrolier au réservoir de stockage



Document n°2 : Pompe volumétrique



POMPE VOLUMETRIQUE IMMERGEES A MEMBRANES pour forage et relevage

Pompe autoamorçante, pneumatique, usage industriel, agroalimentaire, chimie et pétrochimie. Liquides chargés, corrosifs, fragiles ou visqueux. Température Maxi : + 140°C.

Hauteur manométrique totale apportée par cette pompe :

$$H_{mt} = 31\text{mCL}$$

http://www.frvnet.com/pompe_volumetrique_membranes.html

Document n°3 : Oléoduc

Définition : On qualifie de « pipeline » une canalisation qui permet de transporter des matières gazeuses, liquides ou solides d'un point à un autre. Les pipelines ont des caractéristiques différentes selon les produits qui se déplacent en leur sein : un pipeline transportant du pétrole est appelé « oléoduc ».

Caractéristiques oléoduc utilisé pour le transfert du pétrole :

- Diamètre : 50,0 cm
- Pertes de charge lors de la vidange : 87 kPa



<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/transport-du-petrole>

Document n°4 : Déplacement d'un fluide

Lors de la circulation d'un fluide réel dans une canalisation d'un point A vers un point B, il y a conservation de l'énergie mécanique totale du fluide. Celle-ci se traduit par l'équation de Bernoulli :

$$P_A + \rho g z_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g H_{mt} = P_B + \rho g z_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \Delta P_{AB}$$

Hmt = Hauteur manométrique totale de la pompe (m) Pression dynamique (Pa)
 Pression statique (Pa) → ← Perte de charge entre A et B (Pa)
 Pression géométrique (Pa)

Avec la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-1}$ et la masse volumique du pétrole brut: $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$.

Grille n°1

Compétence	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
S'approprier Extraire des informations Mobiliser ses connaissances	<ul style="list-style-type: none"> - $m = 30\,000$ tonnes - $V_{\text{surface pétrole}} = 0 \text{ m.s}^{-1}$ - $P_{\text{pétrolier}} = P_{\text{atm}} = P_{\text{réservoir}} \Rightarrow \text{Doc n}^\circ 1$ - Les altitudes sont connues (+16,0m ; -5,0m) $\Rightarrow \text{Doc n}^\circ 1$ - $H_{\text{mt}} = 31\text{m} \Rightarrow \text{Doc n}^\circ 2$ - $D_{\text{pipeline}} = 50,0\text{cm} \Rightarrow \text{Doc n}^\circ 3$ - $\Delta P = 87\text{kPa} \Rightarrow \text{Doc n}^\circ 3$ - Relation de Bernoulli $\Rightarrow \text{Doc n}^\circ 4$ 				
Analyser Organiser et exploiter ses connaissances et les informations extraites Construire les étapes d'une résolution de problème	<ul style="list-style-type: none"> - Application de la relation de Bernoulli pour déterminer la vitesse v dans l'oléoduc - Calcul de la surface de passage dans l'oléoduc : $\frac{\pi D^2}{4}$ - Détermination du débit volumique : $D_v = v \times S$ - Détermination du débit massique : $D_m = \rho \times D_v$ - Détermination du temps : $t = m / D_m$ 				
Réaliser Effectuer des calculs littéraux et numériques Exprimer les résultats	<ul style="list-style-type: none"> - Les calculs sont mathématiquement justes (indépendamment d'une erreur éventuelle relevant de la compétence analyser) - Les unités sont correctes - $v = 1,7 \text{ m.s}^{-1}$; $D_v = 1197 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$; - $D_m = 1077 \text{ t.h}^{-1}$; $t = 28 \text{ h}$ 				
Valider Discuter de la signification d'un résultat	<ul style="list-style-type: none"> - La durée de 28 heures est beaucoup trop longue - Il faut mettre au moins 3 pompes en parallèle pour augmenter le débit 				
Communiquer Décrire la démarche suivie	<ul style="list-style-type: none"> - La démarche est exprimée clairement et elle est en cohérence avec les calculs effectués (même si elle est incomplète ou erronée) 				

Grille n°2

Poids	Compétence	A	B	C	D
2	S'approprier				
4	Analyser				
3	Réaliser				
1	Valider				
1	Communiquer				

Distillation atmosphérique : version « classique »

Le pétrole brut doit subir une série de traitements pour être utilisable dans l'industrie. Le raffinage consiste à séparer les différents constituants de ce mélange. Le procédé utilisé est appelé distillation. Il est basé sur la différence de volatilité des composés, c'est-à-dire en fonction de leur température d'ébullition.

Le pétrole brut étant constitué d'un grand nombre de produits, on réalise dans un premier temps une distillation sous pression atmosphérique qui ne permet pas de récupérer des produits purs mais des fractions de produits légers, intermédiaires et lourds. Ces fractions sont dites primaires.

Cette opération s'effectue dans une colonne à plateaux perforés à clapets (30 à 50 plateaux en général).

Les différentes fractions récupérées sont ensuite envoyées dans des colonnes fonctionnant sous pression pour séparer les produits légers (méthane, éthane, propane, essences légères, essences lourdes) et sous pression réduite pour séparer les produits lourds (lubrifiants, fioul lourd, bitumes).

Avant d'être expédiés hors de l'unité de production tous les produits doivent être refroidis, et on utilise la chaleur ainsi récupérée pour chauffer le pétrole brut alimentant l'installation. Les échangeurs de chaleur qui permettent ainsi de préchauffer la charge tout en refroidissant les produits sont à faisceau tubulaire horizontal. Ils sont en général disposés côte à côte empilés deux par deux et forment à eux tous le « train d'échange » ou « train de pré-chauffe » de l'unité.

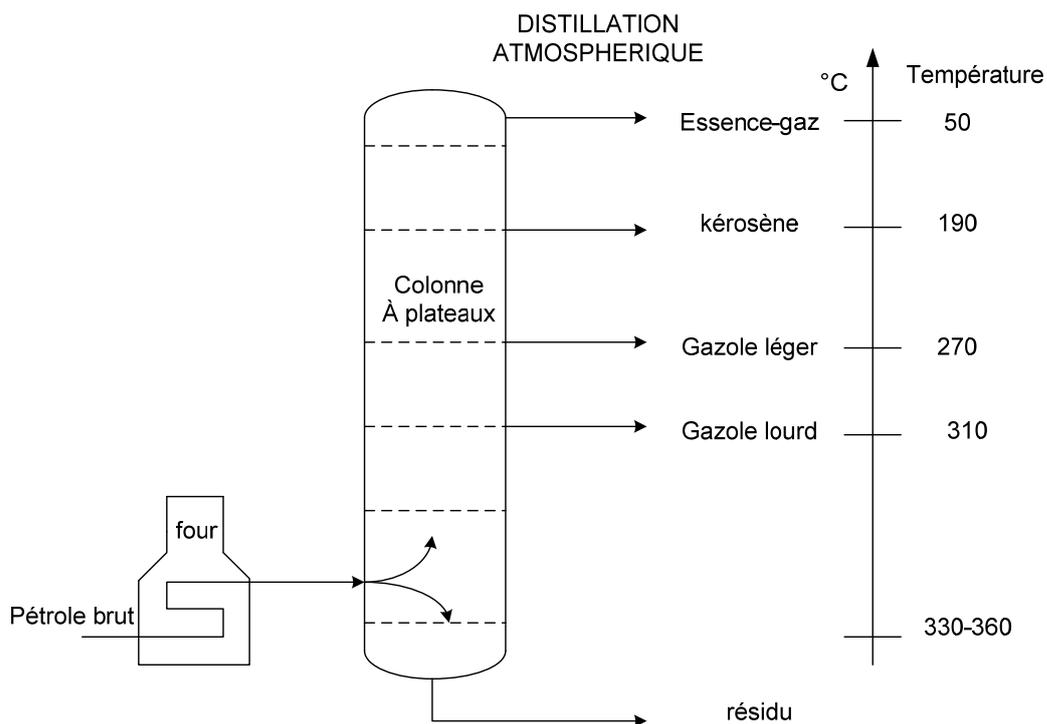
Questions :

- 1) Bilan de matière : le débit d'alimentation de la colonne en pétrole brut est de 1000 t.h^{-1} . Calculer les débits des différentes fractions et compléter le tableau.

On récupère en tête de colonne les produits légers tels que le butane le propane, l'éthane et le méthane...

- 2) Donner les formules développées du butane et du propane.
- 3) Ces composés sont séparés dans une colonne de distillation fonctionnant sous pression. Pourquoi ou quelle est l'influence de la pression sur la température d'ébullition ?
- 4) Pour préchauffer le pétrole brut, on utilise des faisceaux tubulaires permettant de refroidir les différentes coupes. Quel en est l'intérêt ?
- 5) Réaliser un schéma de principe d'un échangeur faisceau tubulaire en faisant apparaître clairement les entrées et sorties pour le pétrole brut et le kérosène fonctionnant à contre-courant
- 6) Calculer la puissance thermique cédée lors du refroidissement du kérosène sachant que la différence de température entre l'entrée et la sortie pour le kérosène vaut 40 °C et que sa capacité thermique $C_p = 2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$. Conclure.

SCHÉMA SIMPLIFIÉ D'UNE DISTILLATION ATMOSPHÉRIQUE DU PÉTROLE BRUT



PRODUITS	POURCENTAGE MASSIQUE	TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION En °C	NOMBRE DE CARBONE PAR MOLÉCULE	DÉBIT MASSIQUE t.h ⁻¹
GAZ	1	20-70	1 < n < 4	
ESSENCE	22	20-200	5 < n < 12	
KEROSENE		200-300	12 < n < 15	
GAZOLE LEGER, GAZOLE MOYEN	27	270-310	15 < n < 18	
GAZOLE LOURD, RESIDU	41	360	N > 18	
TOTAL	100			1000

Grille n°1

Compétence	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
S'approprier Mobiliser ses connaissances	<ul style="list-style-type: none"> - Formule du butane, du propane - Séparation sous vide 				
Analyser Organiser et exploiter ses connaissances Proposer et énoncer des lois qui semblent pertinentes pour la résolution	<ul style="list-style-type: none"> - Calcul du débit massique en fonction du pourcentage massique. - Formule semi-développée : Butane : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ Propane : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ Heptane : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ - Influence de la pression sur la température d'ébullition. $P \uparrow, T \uparrow$ - Intérêt du préchauffage (économie d'énergie) - $P = Q_m \times C_p \times \Delta T$ 				
Réaliser Effectuer des calculs littéraux et numériques Exprimer les résultats Utiliser un modèle théorique	<ul style="list-style-type: none"> - Les calculs sont mathématiquement justes (indépendamment d'une erreur éventuelle relevant de la compétence analysée) - Les unités sont correctes - Pourcentage massique kérosène : 9% ; Débits massiques respectifs en t.h^{-1} : 10, 220, 90, 270, 410. - Schéma d'un échangeur annoté - $P = Q_m \times C_p \times \Delta T = 2000 \text{ kW}$ 				
Valider Discuter de la signification d'un résultat	<ul style="list-style-type: none"> - La puissance récupérée confirme l'économie d'énergie. 				
Communiquer Décrire la démarche suivie	<ul style="list-style-type: none"> - la démarche est exprimée clairement et elle est en cohérence avec les calculs effectués (même si elle est incomplète ou erronée) 				

Grille n°2

Poids	Compétence	A	B	C	D
1	S'approprier				
2	Analyser				
4	Réaliser				
1	Valider				
1	Communiquer				

Distillation atmosphérique : version étude documentaire

Document 1 : La distillation fractionnée

Son but

La distillation fractionnée permet de séparer les constituants d'un mélange de liquides miscibles, qui ont des températures d'ébullition différentes.

Le « passage » d'un corps pur en tête de colonne se fait à une température constante qui est la température d'ébullition de ce corps.

Sur quel principe physique repose-t-elle ?

Lorsque l'on fait bouillir un mélange de deux constituants liquides miscibles ayant des températures d'ébullition sensiblement différentes, les vapeurs obtenues ont une composition différente de celle du liquide initial. Les vapeurs sont plus riches que le liquide en constituant le plus volatil, c'est à dire en constituant ayant la température d'ébullition la plus basse. Si l'on condense les premières vapeurs émises, le liquide obtenu est donc plus riche que le mélange initial en constituant le plus volatil.

Si le liquide ainsi obtenu, appelé condensat, est à nouveau porté à ébullition, on obtient de nouvelles vapeurs qui, par condensation, vont fournir un liquide encore plus riche en constituant le plus volatil.

En répétant plusieurs fois cette opération, on finit par obtenir un liquide ne contenant plus que le constituant le plus volatil : c'est le principe de la distillation fractionnée.

Le liquide obtenu par condensation des vapeurs constitue le distillat. Le liquide restant dans le ballon en fin de distillation est appelé résidu.

Le procédé de base du raffinage est la distillation atmosphérique. Le pétrole brut est tout d'abord chauffé dans un four à 370°C, où il se vaporise partiellement, et est amené dans la tour de distillation, appelée aussi colonne de fractionnement.

Les fractions les plus légères sont en haut de colonne. Il s'agit du gaz de raffinerie, qui est utilisé sur place comme combustible.

Parmi les autres fractions légères, on trouve le butane et le propane, les essences et le naphta, qui est la matière première de la pétrochimie. Ensuite viennent le kérosène utilisé dans les moteurs à réaction, le gazole et le fioul domestique. Les produits lourds « les résidus » sont soutirés en bas de la colonne, puis redistillés sous vide pour permettre l'obtention des fiouls lourds, des lubrifiants et des bitumes.



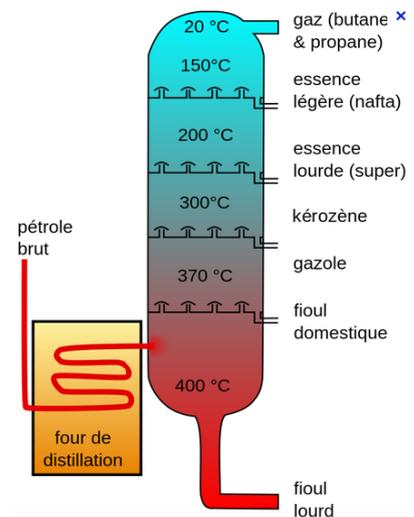
<http://marquant.free.fr/petrole/distillation.htm>

Document 2 : La distillation du pétrole brut en vue d'obtenir les produits intermédiaires

Le pétrole est constitué du mélange d'un nombre très élevé de produits ; on ne cherche donc pas à obtenir des produits purs, mais plutôt des "coupes", c'est-à-dire des mélanges plus simples, constitués de produits aux caractéristiques homogènes, qui par la suite subiront un traitement adapté à leur famille, en vue de fabriquer un certain type de produits. C'est donc l'opération essentielle et initiale que subit le pétrole en arrivant à la raffinerie.

La distillation du pétrole brut est réalisée en deux étapes complémentaires. Une première distillation dite atmosphérique permet de séparer les gaz, les essences et le naphta (coupes légères), le kérosène et le gazole (coupes moyennes) et les coupes lourdes. Les résidus des coupes lourdes subissent ensuite une distillation dite sous vide afin de séparer certains produits moyens.

File : Crude Oil Distillation-fr.svg



Document 3 : Les différentes distillations

Distillation atmosphérique

La distillation dite "atmosphérique" est ainsi appelée car elle est conduite à la pression atmosphérique.

Le pétrole brut est injecté dans une grande tour de distillation, haute de 60 mètres et large de 8 mètres environ, où il est chauffé à environ 400 °C.

Elle se fait dans une colonne munie d'un certain nombre de plateaux perforés et munis de clapets, en général de 30 à 50 plateaux, conduisant à une *distillation fractionnée*. Après cette première distillation, la partie résiduelle est envoyée dans une autre colonne, moins haute et comportant moins de plateaux qu'on appelle la colonne de distillation sous vide. En effet, cette fraction résiduelle, appelée «résidu atmosphérique» contient des hydrocarbures à longues chaînes et plus les chaînes sont longues plus elles sont fragiles, dont susceptibles d'être scindées en plusieurs morceaux si le chauffage continue sous la pression atmosphérique.

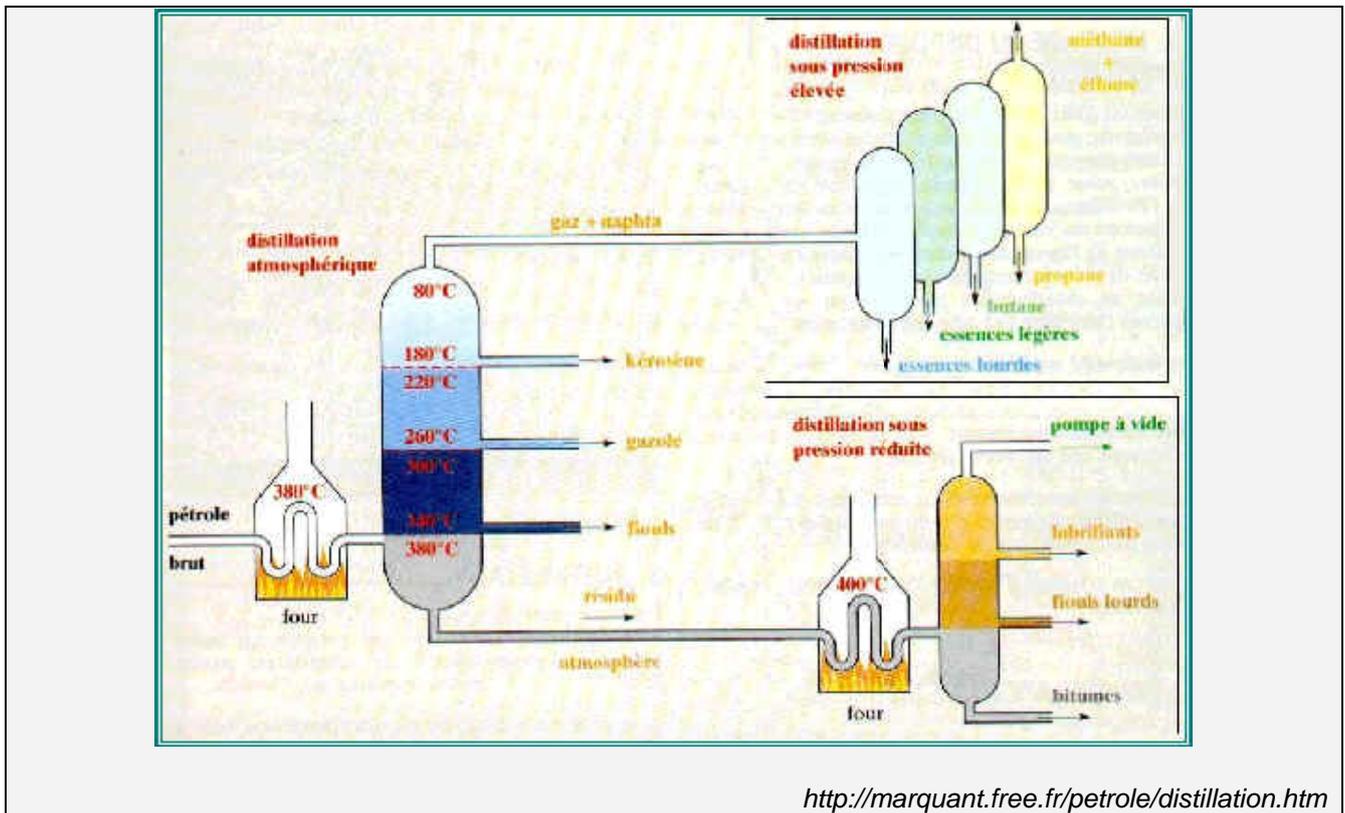
Distillation sous pression réduite

Afin d'éviter ces coupures intempestives de chaînes, on fait la séparation des produits de ce résidu atmosphérique sous un vide relatif correspondant à une pression d'environ 40 mm de mercure (la pression atmosphérique correspond à 760 mm de mercure). Cette seconde colonne, plus petite, est fermée puis dépressurisée, ce qui fait diminuer la pression. Les produits, alors plus volatils, ont une température d'ébullition plus faible permettant ainsi aux produits lourds d'être plus facilement récupérable. En haut de colonne on récupère du gazole et à sa base du fioul lourd. Les résidus de cette distillation sous vide sont récupérés en vue de produire des lubrifiants.

Distillation sous pression élevée

Les gaz et les essences obtenus en tête de la colonne opérant à la pression atmosphérique sont séparés dans diverses tours de distillation opérant, elles, sous pression élevée.

Certains produits de la distillation peuvent être directement utilisés ; cependant, la plupart des distillats ne correspondent pas en qualité et quantité aux besoins du marché et doivent subir des transformations pour être utilisés : c'est le but des craquages et du reformage.



Document 4 : Unités de mesure et chiffres clés

La demande mondiale en produits pétroliers est composée comme suit :

- 40% pour les produits légers (carburants) ;
- 40% pour les produits moyens (fioul, gazole) ;
- 20% pour les produits lourds

Une colonne de distillation fonctionnant à pression atmosphérique peut traiter 1000 t.h^{-1} de pétrole brut.

En 2011, les capacités de raffinage dans le monde étaient de 93 millions de barils par jour. (D'après source Lefigaro.fr)

Le baril est une unité de mesure de volume surtout utilisée de nos jours pour le pétrole brut et ses dérivés. Un baril de pétrole équivaut à 159 litres.

Densité du pétrole brut = 0,8

À l'aide des documents répondre aux questions suivantes :

- 1) Définir ce que sont les distillations atmosphérique, sous vide et en surpression.
- 2) Ces colonnes fonctionnent-elles en continu ou en discontinu ?
- 3) Sur quelle propriété physico-chimique des constituants la distillation fractionnée est elle basée ?
- 4) Les produits lourds sont séparés dans une colonne fonctionnant sous vide. Pourquoi ? Quelle est l'influence de la pression sur la température d'ébullition ?
- 5) Combien de colonnes de distillation à pression atmosphérique faudrait-il pour produire les capacités de raffinage dans le monde en 2011 ?

Grille n°1

Compétence	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
S'approprier Extraire des informations	<ul style="list-style-type: none"> - Question 1) 2) => Doc 3 - Question 3) => Doc 1 - Question 4) => Doc 2 et 3 - Question 5) => Doc 4 				
Analyser	⇒ Cette compétence n'est pas spécialement évaluée dans cet exercice				
Réaliser Effectuer des calculs littéraux et numériques Exprimer les résultats	<ul style="list-style-type: none"> - Question 5) => Document n°4 : une colonne traite 1000t/h de pétrole brut. Il faut traiter 93 000 000 barils/jour = $1,5 \times 10^{10}$ L/jour = $1,2 \times 10^{10}$ kg/jour = $1,2 \times 10^7$ t/jour = 5,105 t/h ⇒ 500 colonnes sont nécessaires. 				
Valider	⇒ Cette compétence n'est pas spécialement évaluée dans cet exercice				
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - Rédiger une explication, une argumentation en utilisant le vocabulaire scientifique adapté. - Faire appel aux différents documents disponibles pour illustrer son propos 				

Grille n°2

Poids	Compétence	A	B	C	D
4	S'approprier				
0	Analyser				
3	Réaliser				
0	Valider				
1	Communiquer				

2.2 Exemples concernant l'épreuve E5.2 du référentiel

La démarche est exactement la même. Une même situation est déclinée suivant deux niveaux de difficulté au regard de la résolution de problème : une avec une part importante pour la réalisation (RP1 page 40), une plus proche de la résolution problème au sens strict du terme (RP2 page 47).

Étude d'une raffinerie pétrolière

La demande mondiale en produits pétroliers est composée comme suit :

- 40 % pour les produits légers (carburants) ;
- 40 % pour les produits moyens (fioul, gazole) ;
- 20 % pour les produits lourds.

Pour sa part, la France compte dix raffineries. La majorité des raffineries se trouvent à proximité de zones portuaires afin de faciliter le transit avec les pétroliers.

<http://www.connaissancedesenergies.org/> - notes.

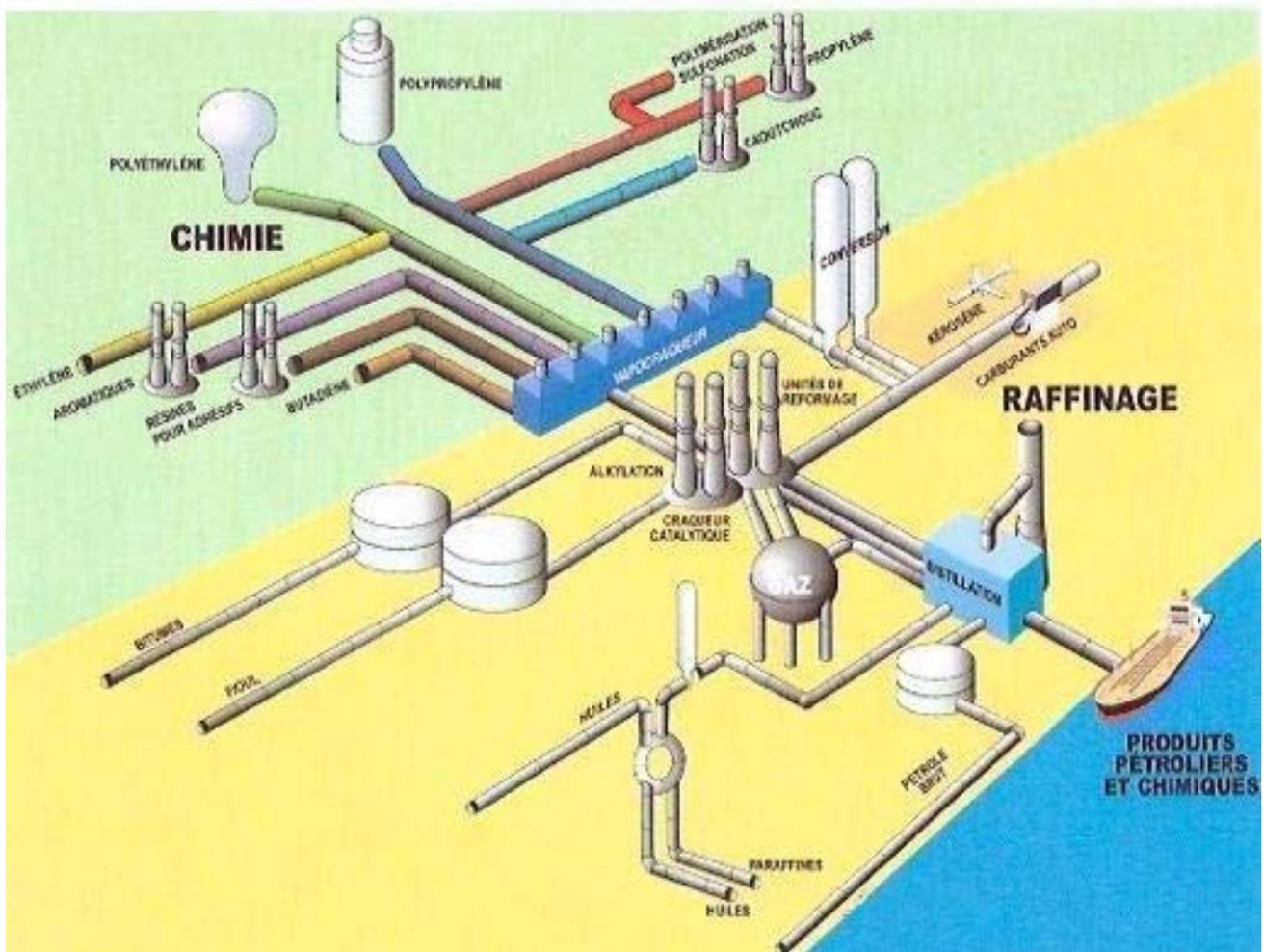
Le terme pétrole vient du latin « Petra oleum » qui signifie « huile de pierre ». C'est une huile inflammable dont la couleur varie du jaune au noir.

Le pétrole brut est un mélange complexe d'un grand nombre de composés chimiques. Le mélange comprend :

- des alcanes ;
- des cyclo alcanes ;
- des aromatiques ;
- d'autres composés comme le soufre, l'azote, l'oxygène ;
- des métaux comme le fer, le nickel et le vanadium ;
- des différents sels.

Le pétrole brut est composé de :

- produits légers (1 % de gaz et 22 % d'essence) ;
- produits moyens (9 % de kérosène et 27 % de gazole) ;
- produits lourds (41 % de coupes lourdes).



Pour commercialiser les hydrocarbures, il faut procéder au raffinage selon le schéma n°1. Il permet de transformer le pétrole brut en divers produits pétroliers répondant aux besoins des consommateurs.

Étude du transfert depuis le stockage

- Le pétrole brut est déchargé du pétrolier pour être stocké dans des cuves dont la température est maintenue à 15°C afin d'éviter que le pétrole ne soit trop visqueux lors des opérations de pompage. La cuve de stockage est maintenue à pression atmosphérique par un système de soupapes.

- Pour des raisons de sectorisation par zones ATEX, la mesure de température est envoyée à l'automate de gestion du déchargement situé dans un local technique distant de 355m du quai de déchargement. Il a été choisi une mesure par sonde Pt100 4 fils. Le local technique accueille le transmetteur de température (monté en rack) 4-20mA, HART, 2 fils.

1. Choix de la sonde

a. Décrire le principe de fonctionnement de la sonde de température.

b. Quel est l'intérêt de choisir une sonde de type "4 fils" ?

2. Le transmetteur est réglé avec une échelle de réglage de 5 à 165°C. Déterminer l'intensité du courant de mesure en mA pour une température de 15°C.

3. La régulation de température est réalisée par le réglage du débit d'eau chaude dans la double enveloppe du bac de stockage. Ce débit fluctue avec la pression de l'eau dans le réseau.

c. A partir de l'instrumentation en place (débitmètre), proposer en la justifiant une modification de la stratégie qui prenne en compte les variations du débit d'eau chaude sur l'annexe 1.

d. Déterminer les sens d'action des régulateurs installés.

e. La réponse de la boucle externe est donnée en annexe 2, donner les paramètres spécifiques du modèle de Broida : K, T, τ .

f. Déterminer la réglabilité $R = T / \tau$. En utilisant l'annexe 3, en déduire le type de régulateur PID à utiliser.

g. En utilisant l'annexe 3, déterminer les paramétrages du régulateur de structure parallèle disponible dans l'automate.

4. La mesure de débit de brut en direction du dessaleur est réalisée par un débitmètre Coriolis qui délivre la mesure de débit par un signal impulsionnel. Le dessaleur a une capacité de 2 000 T.

a. Justifier le choix du transmetteur pour effectuer une mesure de débit massique.

b. La période moyenne des impulsions est de 3,6s. Il faut en moyenne 2 heures pour un transfert. Déterminer le nombre d'impulsions par transfert.

c. En déduire la quantité par impulsion à configurer dans le transmetteur.

Après chaque transfert de pétrole brut dans le dessaleur, on désire faire remonter sur la supervision une variable booléenne de l'automate, nommée "Fin_de_Transfert" (à l'état logique 1 lorsque la fin de transfert est atteinte).

On utilisera une variable entière nommée "C" chargée de compter les impulsions délivrées par le transmetteur. La remise à zéro de ces variables ne sera possible qu'après la fin du transfert et une fois que l'opérateur aura appuyé sur le bouton "INIT".

5. Réaliser l'organigramme permettant de générer la variable "Fin_de_Transfert".

6. La supervision de cette installation est assurée par l'intermédiaire de deux ordinateurs (l'un en salle de contrôle, l'autre en local technique). L'API et les deux

Sujet E5.2 - RP1

ordinateurs sont connectés au même réseau ETHERNET TCP/IP de classe C par l'intermédiaire de câbles de type 100 Base T.

Les adresses IP des deux ordinateurs sont imposées, à savoir 162.86.57.12 et 162.86.57.13.

- a. Expliquer le rôle du masque.
- b. Indiquer la valeur du masque.
- c. Proposer une adresse pour l'API.

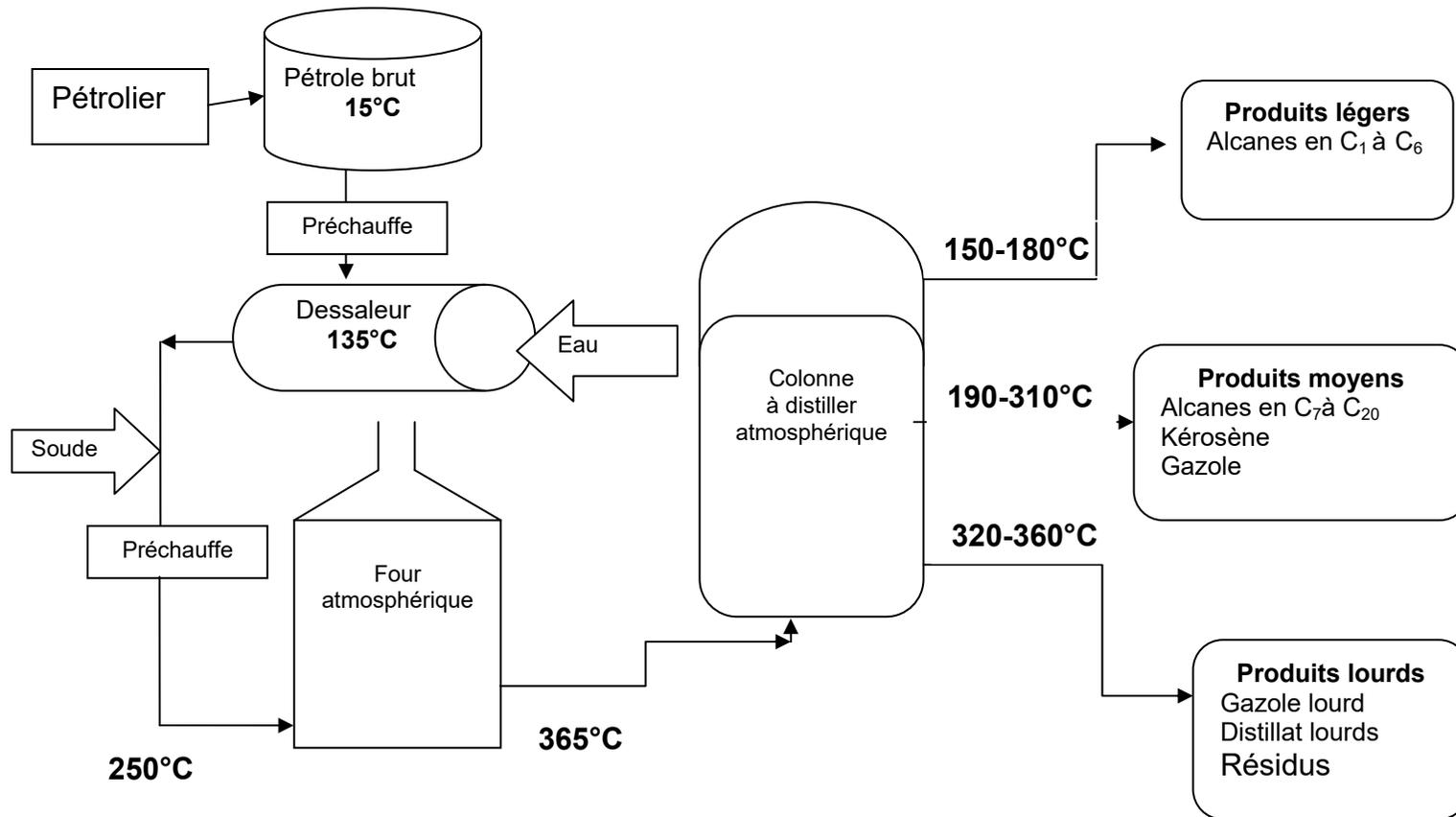
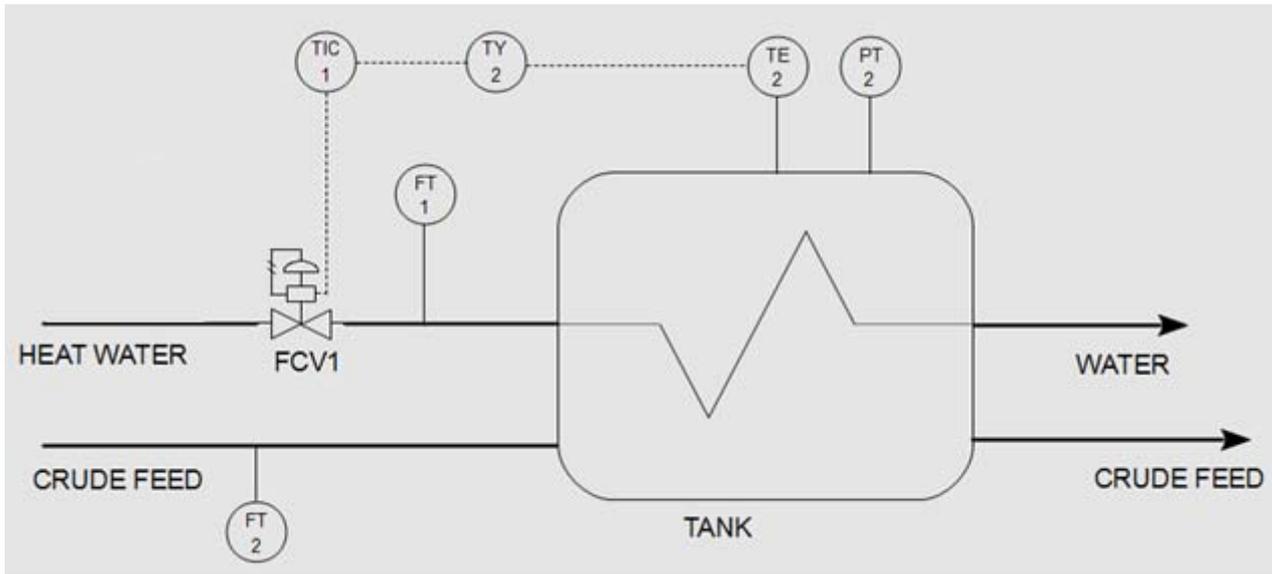


Schéma n°1 : schéma simplifié d'une raffinerie

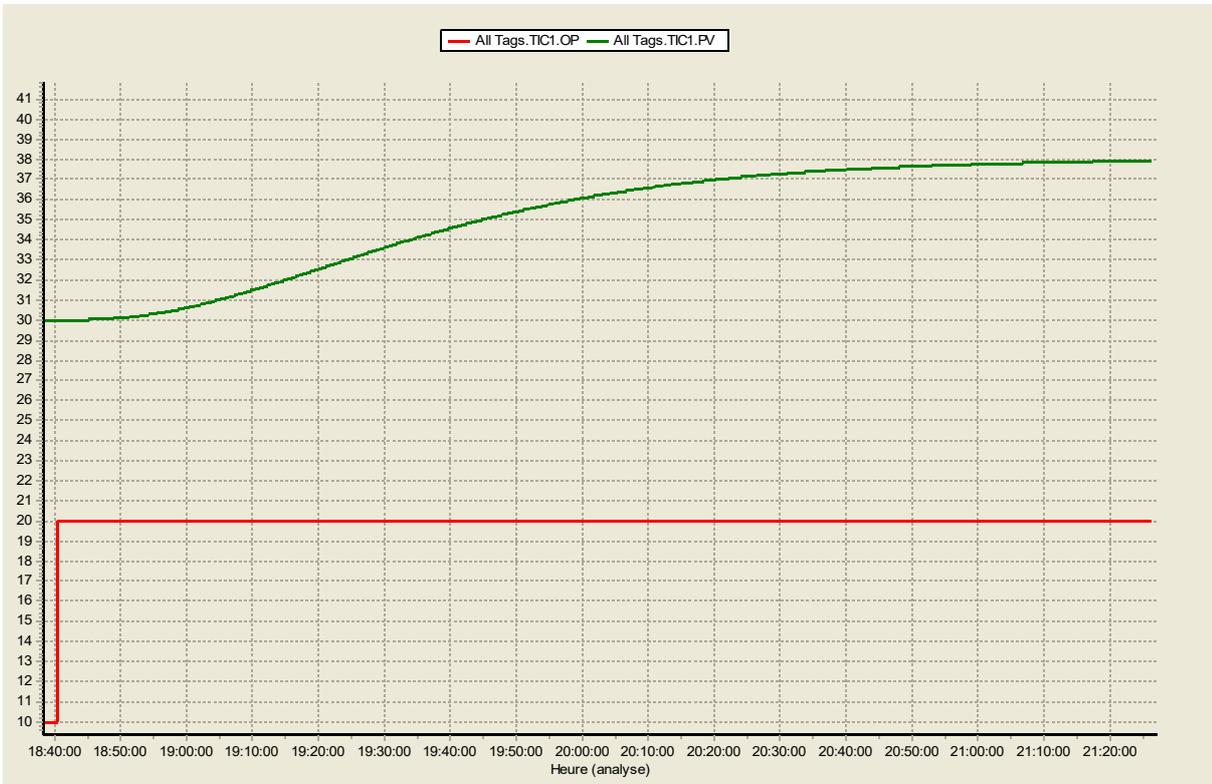
Annexe 1 : schéma de la régulation de température de la boucle simple



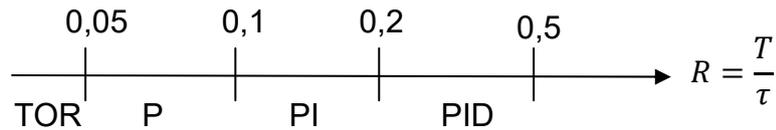
<i>Repère</i>	<i>Caractéristiques</i>
FCV1	Vanne DN 100, convertisseur 4-20 mA / 0,2-1 bar – type FMA
TE2	Sonde Pt100, 4 fils
FT1	
FT2	Débitmètre à effet Coriolis, DN 150, sortie impulsionnelle
PT2	

Annexe 2 : évolution de la température (variable « TIC1.PV ») suite à un échelon de commande de FCV1 (variable « TIC1.OP »)

Echelle de mesure en %



Annexe 3 : Paramètres de régulateurs PID pour un modèle stable à temps mort en imposant une marge de stabilité de 6dB.



Structures / paramètres	P	PI parallèle	PI série / mixte	PID parallèle	PID mixte	PID série
XP [%]	$125 \frac{KT}{\tau}$	$125 \frac{KT}{\tau}$	$125 \frac{KT}{\tau}$	$120 \frac{KT}{\tau + 0,4T}$	$120 \frac{KT}{\tau + 0,4T}$	$120 \frac{KT}{\tau}$
Ti [s]		$\frac{KT}{0,8}$	τ	$\frac{KT}{0,75}$	$\tau + 0,4T$	τ
Td [s]				$\frac{0,35}{K} \tau$	$\frac{\tau \cdot T}{2,5\tau + T}$	$0,42 T$

Grille n°1

Compétence	Indicateurs de réussite	Indicateurs de réussite			
		A	B	C	D
S'approprier Identifier les grandeurs pertinentes pour le contrôle d'un procédé et les appareils d'un système. Appréhender un système numérique : application, liaisons numériques, réseaux.	1a Résistance = f(température) 3c Identification / modèle de Broïda 3d Utilisation annexe 3 3e Utilisation annexe 3 4b Compréhension sujet 6a Détermine les 2 parties de l'adresse IP (N° réseau & N° hôte)				
Analyser Analyser fonctionnellement une installation Comparer des solutions techniques à un cahier des charges Proposer des améliorations de la démarche, du modèle ou du protocole	1b Compensation de la résistance des câbles de liaisons 2 Calcul de proportion 3a Régulation cascade "température-débit" 3b Rext = Inverse (procédé direct car FCV1 FMA) et Rint = Inverse 5 Identification des variables (C et INIT) à utiliser et des fonctions (compteur + comparateur)				
Réaliser Effectuer des représentations en utilisant un format standardisé	$2 I = (20-4) \times (15-5) / (165-5) + 4 = 5 \text{ mA}$ 3a Schéma juste et aux normes 3c $K = 0,8$, $T = 15 \text{ min}$, $\tau = 50 \text{ min}$ 3d $T/\tau = 900/3000 = 0,3$ structure PID 3e $XP = 25\%$, $Ti = 16 \text{ min}$, $Td = 21 \text{ min}$ 4b $2 \times 3600 / 3,6 = 2000 \text{ impulsions/2h}$ 4c $2000T / 2000 \text{ impuls} = 1T / \text{impuls}$ 5 Organigramme correct 6b masque à 255.255.255.0 6c 162.86.57.xxx				
Valider Comparer les performances d'un système réglé au cahier des charges	1b Compensation de la résistance des câbles de liaisons 4a Mesure directe sans correction de T° et de viscosité				
Communiquer					

Grille n°2

Poids	Compétence	A	B	C	D
3	S'approprier				
3	Analyser				
6	Réaliser				
1	Valider				
0	Communiquer				

Étude d'une raffinerie pétrolière

La demande mondiale en produits pétroliers est composée comme suit :

- 40 % pour les produits légers (carburants) ;
- 40 % pour les produits moyens (fioul, gazole) ;
- 20 % pour les produits lourds.

Pour sa part, la France compte dix raffineries. La majorité des raffineries se trouvent à proximité de zones portuaires afin de faciliter le transit avec les pétroliers.

<http://www.connaissancedesenergies.org/> - notes.

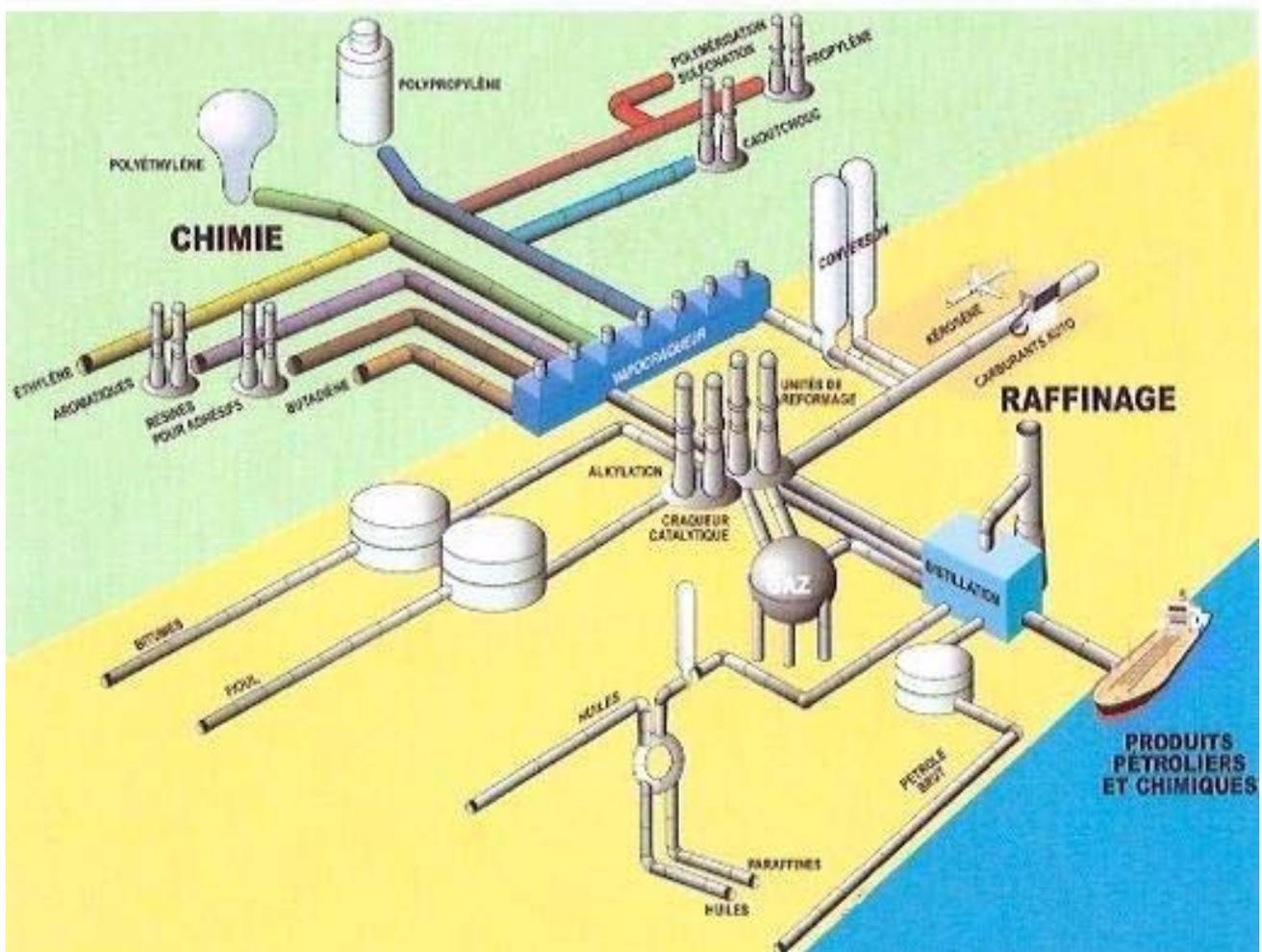
Le terme pétrole vient du latin « Petra oleum » qui signifie « huile de pierre ». C'est une huile inflammable dont la couleur varie du jaune au noir.

Le pétrole brut est un mélange complexe d'un grand nombre de composés chimiques. Le mélange comprend

- des alcanes ;
- des cyclo alcanes ;
- des aromatiques ;
- d'autres composés comme le soufre, l'azote, l'oxygène ;
- des métaux comme le fer, le nickel et le vanadium ;
- des différents sels.

Le pétrole brut est composé de :

- produits légers (1% de gaz et 22% d'essence) ;
- produits moyens (9% de kérosène et 27% de gazole) ;
- produits lourds (41 % de coupes lourdes).



Pour commercialiser les hydrocarbures, il faut procéder au raffinage selon le schéma n°1. Il permet de transformer le pétrole brut en divers produits pétroliers répondant aux besoins des consommateurs.

Etude du transfert depuis le stockage

Les réponses aux questions de cette partie seront élaborées en utilisant les documents en annexe, soient:

- **annexe 1** : documentations constructeurs - Sondes Pt100 et les montages 2, 3 et 4 fils ;
- **annexe 2** : schéma de la régulation de température de la boucle simple ;
- **annexe 3** : réponse : FT1 / Yr_TIC1 et Réponse TT1 / Yr_TIC1 ;
- **annexe 4** : paramètres de régulateurs PID pour un modèle stable à temps mort en imposant une marge de stabilité de 6dB ;
- **document réponse** : Réseau ETHERNET TCP/IP.

Le pétrole brut est déchargé du pétrolier pour être stocké dans des cuves dont la température est maintenue à 15°C afin d'éviter que le pétrole ne soit trop visqueux lors des opérations de pompage. La cuve de stockage est maintenue à pression atmosphérique par un système de soupapes.

Pour des raisons de sectorisation par zones ATEX, la mesure de température est envoyée à l'automate de gestion du déchargement situé dans un local technique distant de 355m du quai de déchargement. Le local technique accueille le transmetteur de température (monté en rack) 4-20mA, HART, 2 fils.

1. Proposer, en le justifiant, le type de sonde résistive à utiliser.
2. Le transmetteur est réglé avec une échelle de réglage de 5 à 165°C. Déterminer l'intensité du courant de mesure arrivant sur la carte de l'automate pour une température de 15°C.
3. On désire assurer la régulation de température par le réglage du débit d'eau chaude dans la double enveloppe du bac de stockage. La régulation PID représentée ne donne pas satisfaction car la température est fortement perturbée par des fluctuations de la pression du réseau d'eau chaude.
 - a. Proposer une stratégie (schéma et explications) qui améliorerait le comportement de la régulation de température.
 - b. A partir des essais et des informations de paramétrage pour le(s) régulateur(s) fournis, proposer les configurations du ou des régulateurs à implanter (Actions P.I.D, sens d'action, structure de réglage).

Le dessaleur a une capacité de 2 000 T. Pour gérer ces transferts de brut, on utilise un débitmètre à sortie impulsionnelle. L'automate de gestion dispose d'une carte d'entrée digitale (Tout Ou Rien).

On désire faire remonter sur la supervision une variable booléenne de l'automate, nommée "Fin_de_Transfert" (à l'état logique 1 lorsque la fin de transfert est atteinte) après chaque transfert de pétrole brut dans le dessaleur. Une variable « INIT » est disponible et permet la réinitialisation de toutes les variables pour le transfert suivant.

4. Choix technologique
 - c. Proposer en justifiant votre choix une technologie de mesure adaptée au cahier des charges.

Instr.
10%

Reg.
18%

Instr.
8%

Sujet E5.2 – RP2

d. La période moyenne des impulsions est de 3,6s. Il faut en moyenne 2 heures pour un transfert. Déterminer la quantité par impulsion à configurer dans le transmetteur.

5. L'API se programme en Structured Text, « ST », proposer un algorithme permettant la programmation de la gestion de la supervision.

6. La supervision de cette installation est assurée par l'intermédiaire de deux ordinateurs (l'un en salle de contrôle, l'autre en local technique). L'API et les deux ordinateurs sont connectés au même réseau ETHERNET TCP/IP par l'intermédiaire de câbles de type 100 Base T.

La configuration de l'ordinateur de la salle de contrôle est fournie. Proposer une configuration pour chacun des éléments du réseau en complétant le document réponse.

Auto

14%

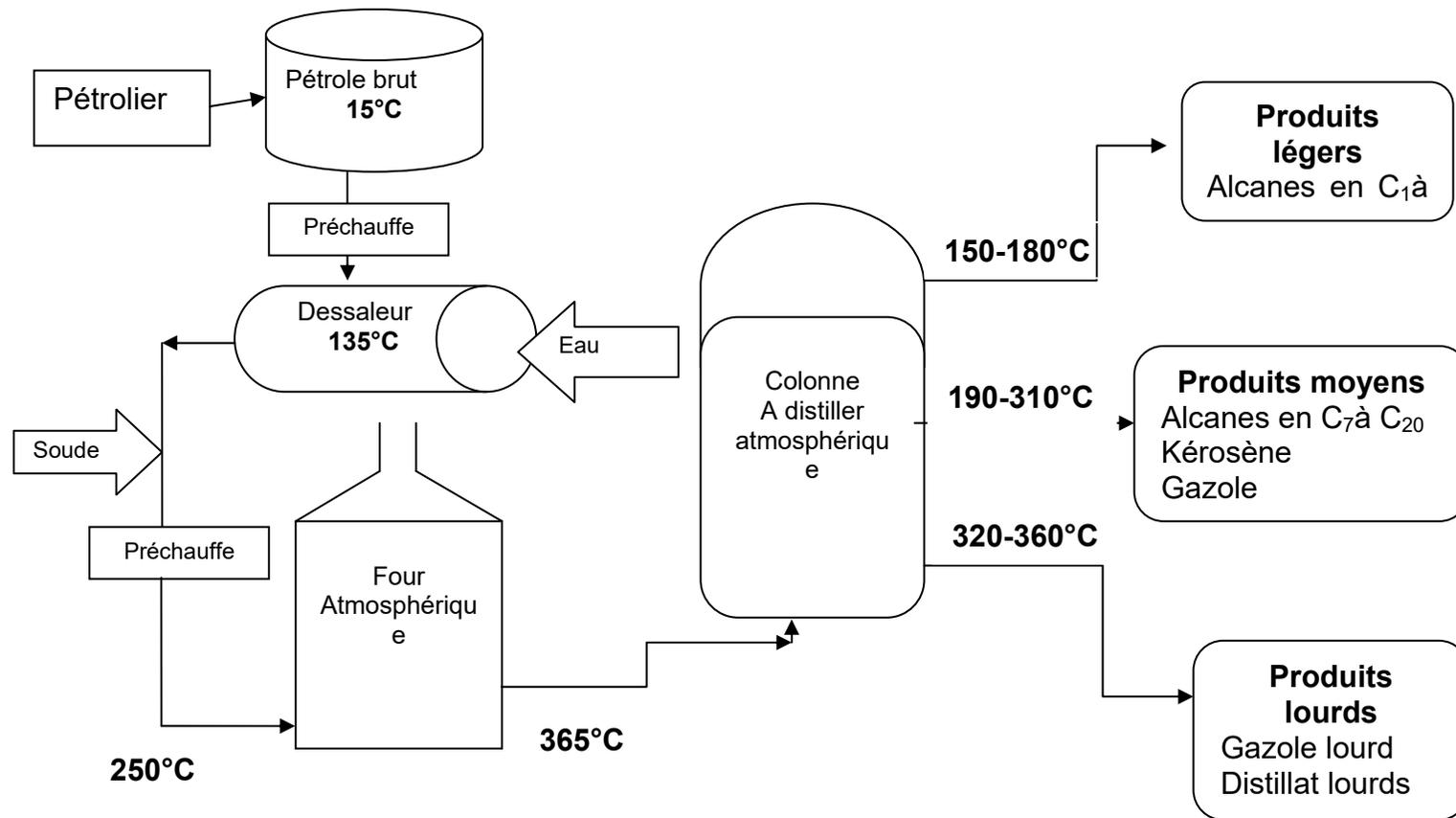


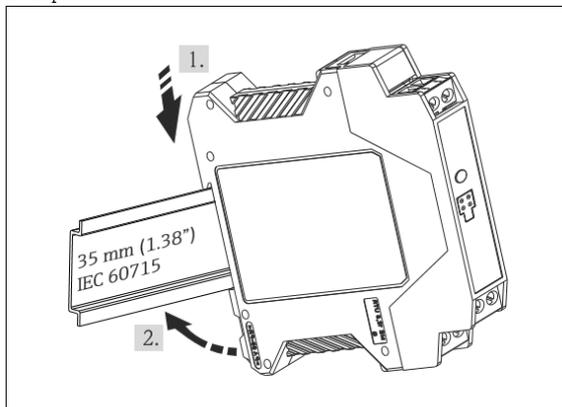
Schéma n°1 : schéma simplifié d'une raffinerie

Annexe 1 : documentations constructeurs

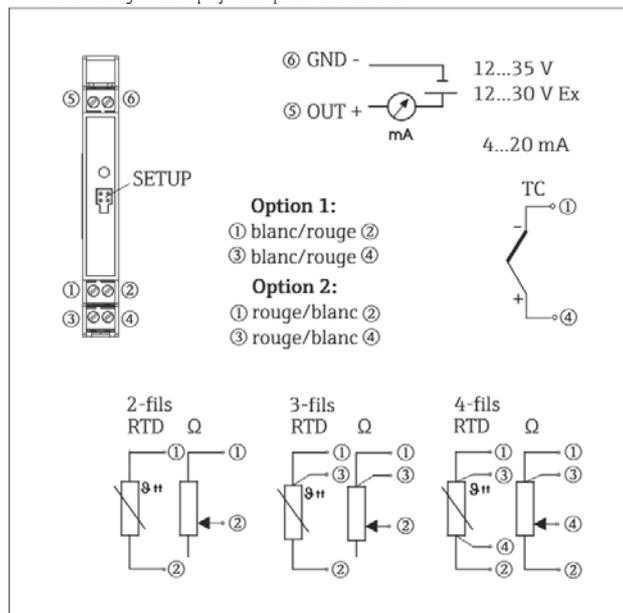
- **Sondes Pt100 et les montages 2, 3 et 4 fils**

-

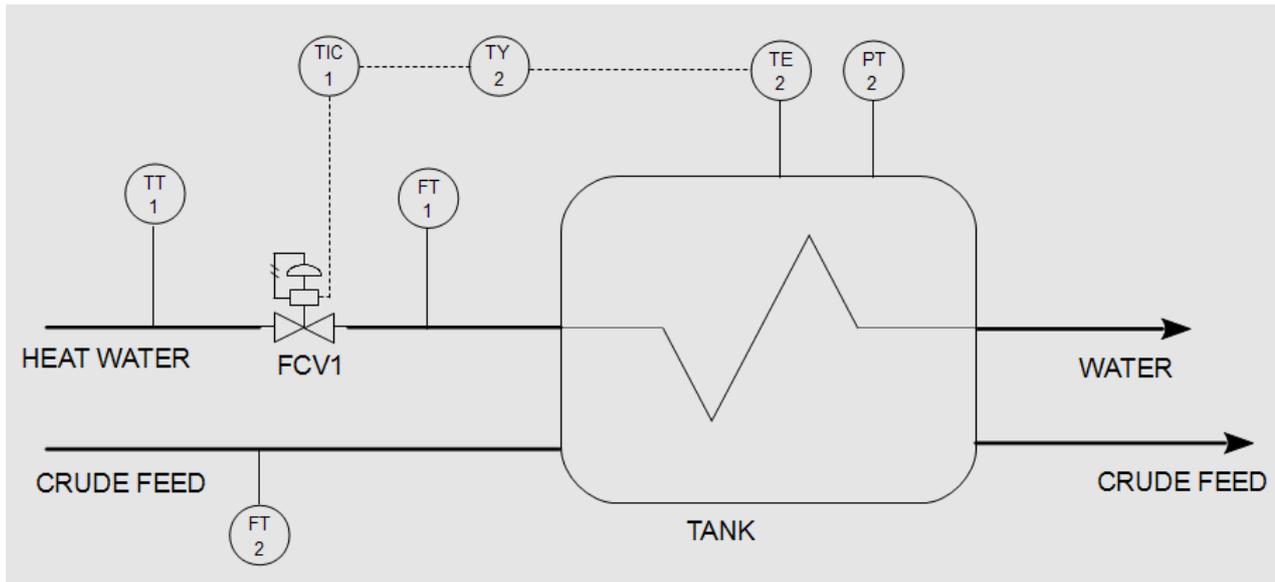
- Température ambiante :
-40 à 85 °C (pour zone Ex, voir certificat Ex)
- Position de montage :
Montage sur rail profilé selon CEI 60715 TH35, par ex. en armoire électrique
- Implantation : Pas de restriction



2: Montage sur rail profilé : respecter l'ordre 1 et 2



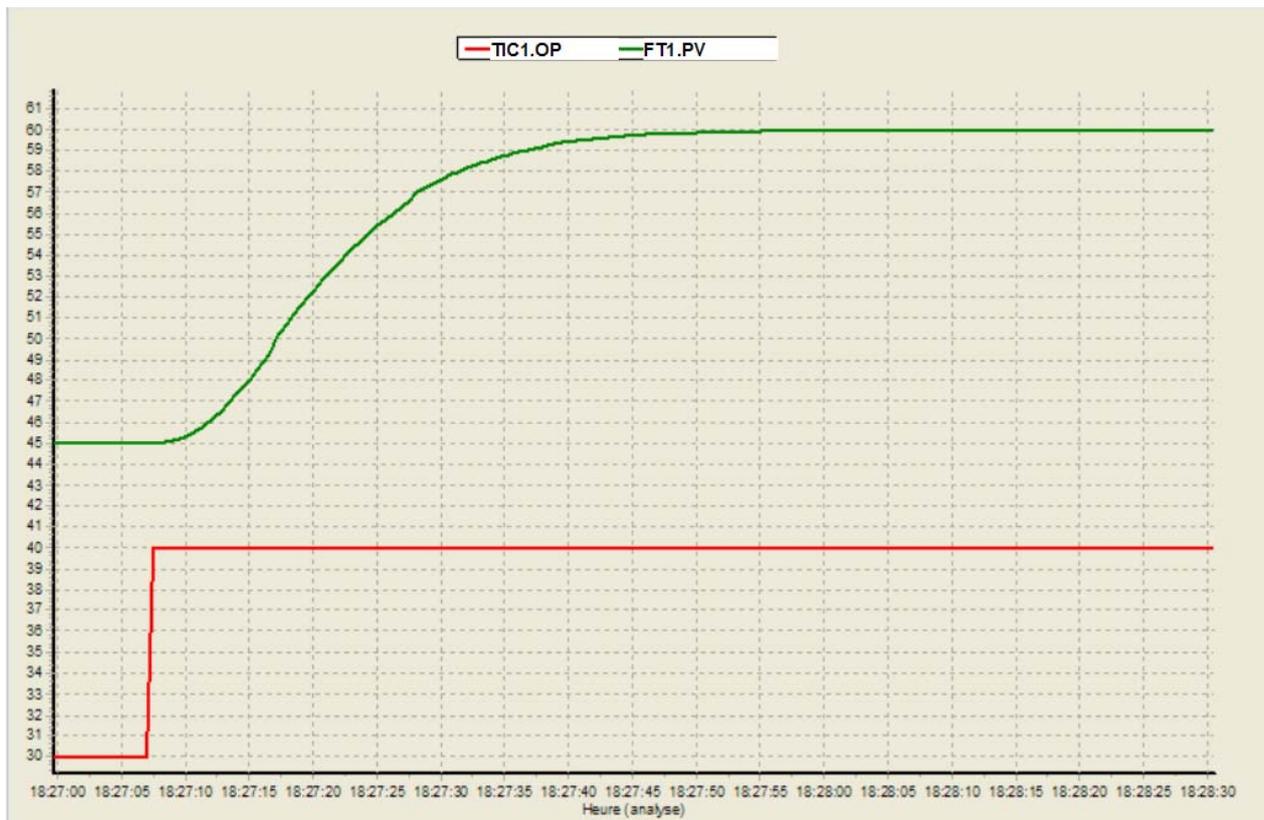
Annexe 2 : schéma de la régulation de température de la boucle simple



<i>Repère</i>	<i>Caractéristiques</i>
FCV1	Vanne DN 100, convertisseur 4-20 mA / 0,2-1 bar – type FMA
TE2	Sonde Pt100,
FT1	
FT2	Débitmètre, DN 150, sortie impulsionnelle
PT2	

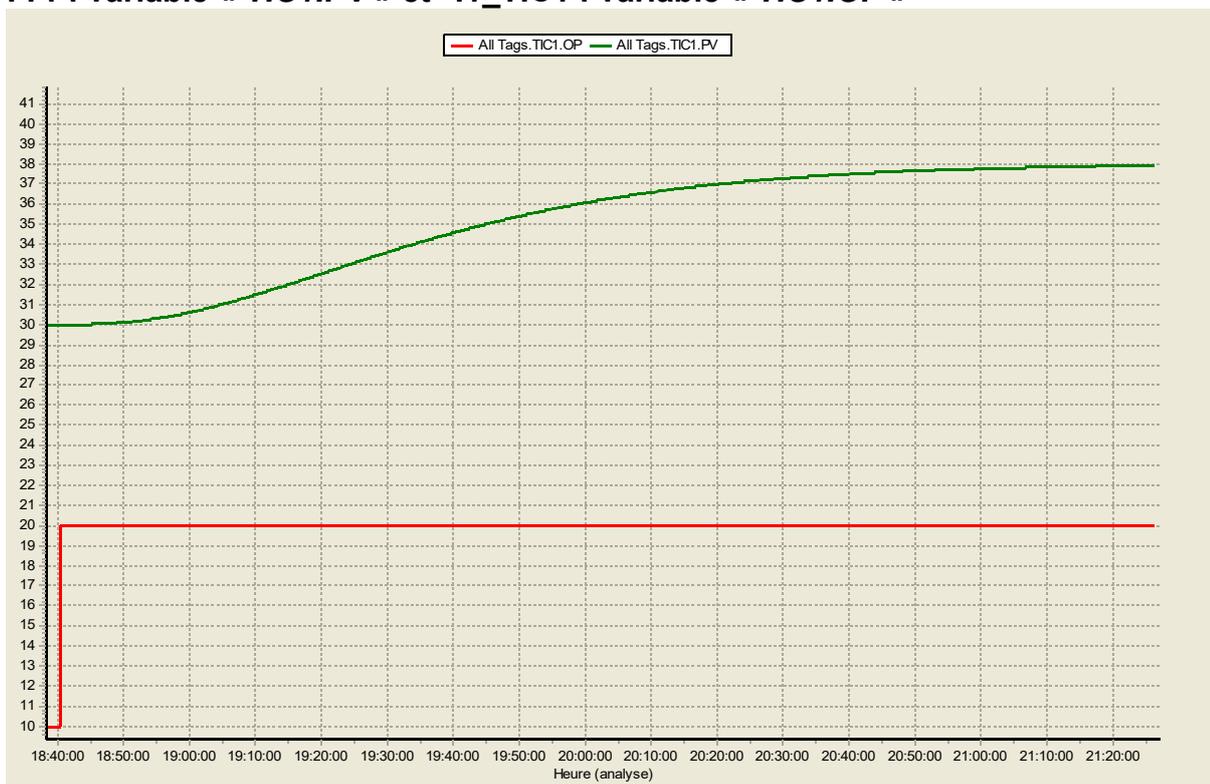
Annexe 3

Réponse : évolution du débit FT1 en fonction de la commande de la vanne FCV1 :
FT1 : variable « FT1.PV » et Yr_TIC1 : variable « TIC1.OP »



Réponse : évolution de la température TT1 en fonction de la commande de la vanne FCV1

TT1 : variable « TIC1.PV » et Yr_TIC1 : variable « TIC1.OP »



Annexe 4 : paramètres de régulateurs PID pour un modèle stable à temps mort en imposant une marge de stabilité de 6dB.

Structures / paramètres	P	PI parallèle	PI série / mixte	PID parallèle	PID mixte	PID série
XP [%]	$125 \frac{KT}{\tau}$	$125 \frac{KT}{\tau}$	$125 \frac{KT}{\tau}$	$120 \frac{KT}{\tau + 0,4T}$	$120 \frac{KT}{\tau + 0,4T}$	$120 \frac{KT}{\tau}$
Ti [s]		$\frac{KT}{0,8}$	τ	$\frac{KT}{0,75}$	$\tau + 0,4T$	τ
Td [s]				$\frac{0,35}{K} \tau$	$\frac{\tau \cdot T}{2,5\tau + T}$	$0,42 T$

Parameter name: FORM

Parameter type: Named Set

Parameter category: Tuning

Restore parameter value after restart

Buttons: OK, Cancel, Help, Filter...

Properties

Named set: \$form (Browse...)

Named state: Séries (Standard, Séries)

Structure PID 1

Document réponse : réseau ETHERNET TCP/IP

Ordinateur salle de contrôle	Ordinateur en local technique	API																																				
<p>Détails de connexion réseau :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Propriété</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suffixe DNS propre à la ...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Description</td> <td>Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6205</td> </tr> <tr> <td>Adresse physique</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DHCP activé</td> <td>Non</td> </tr> <tr> <td>Adresse IPv4</td> <td>162.86.57.12</td> </tr> <tr> <td>Masque de sous-réseau ...</td> <td>255.255.255.0</td> </tr> <tr> <td>Passerelle par défaut IPv4</td> <td>162.86.57.12</td> </tr> <tr> <td>Serveur DNS IPv4</td> <td>162.86.57.12</td> </tr> </tbody> </table>	Propriété	Valeur	Suffixe DNS propre à la ...		Description	Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6205	Adresse physique		DHCP activé	Non	Adresse IPv4	162.86.57.12	Masque de sous-réseau ...	255.255.255.0	Passerelle par défaut IPv4	162.86.57.12	Serveur DNS IPv4	162.86.57.12	<p>Détails de connexion réseau :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Propriété</th> <th>Valeur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suffixe DNS propre à la ...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Description</td> <td>Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6205</td> </tr> <tr> <td>Adresse physique</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DHCP activé</td> <td>Non</td> </tr> <tr> <td>Adresse IPv4</td> <td>-----</td> </tr> <tr> <td>Masque de sous-réseau ...</td> <td>-----</td> </tr> <tr> <td>Passerelle par défaut IPv4</td> <td>162.86.57.12</td> </tr> <tr> <td>Serveur DNS IPv4</td> <td>162.86.57.12</td> </tr> </tbody> </table>	Propriété	Valeur	Suffixe DNS propre à la ...		Description	Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6205	Adresse physique		DHCP activé	Non	Adresse IPv4	-----	Masque de sous-réseau ...	-----	Passerelle par défaut IPv4	162.86.57.12	Serveur DNS IPv4	162.86.57.12	<p>Configuration IP Messagerie IO Scanning Global Data</p> <p>Configuration adresse IP</p> <p><input checked="" type="radio"/> Configurée</p> <p>Adresse IP <input type="text"/></p> <p>Masque de sous-réseau <input type="text"/></p>
Propriété	Valeur																																					
Suffixe DNS propre à la ...																																						
Description	Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6205																																					
Adresse physique																																						
DHCP activé	Non																																					
Adresse IPv4	162.86.57.12																																					
Masque de sous-réseau ...	255.255.255.0																																					
Passerelle par défaut IPv4	162.86.57.12																																					
Serveur DNS IPv4	162.86.57.12																																					
Propriété	Valeur																																					
Suffixe DNS propre à la ...																																						
Description	Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6205																																					
Adresse physique																																						
DHCP activé	Non																																					
Adresse IPv4	-----																																					
Masque de sous-réseau ...	-----																																					
Passerelle par défaut IPv4	162.86.57.12																																					
Serveur DNS IPv4	162.86.57.12																																					
	À compléter	À compléter																																				

Grille n°1

Compétence	Questions	Indicateurs de réussite			
		A	B	C	D
S'approprier Identifier les grandeurs pertinentes pour le contrôle d'un procédé et les appareils d'un système. Appréhender un système numérique : application, liaisons numériques, réseaux.	1 Grande distance = pb de résistances des connexions 3a utilisation annexe + sujet 3b Modélisation de Broïda 4a compréhension problème 4b 5 compréhension problème 6 Identification de la classe du réseau				
Analyser Analyser fonctionnellement une installation Comparer des solutions techniques à un cahier des charges Proposer des améliorations de la démarche, du modèle ou du protocole	1 Montage 4 fils 2 Calcul de proportion 3a Régulation cascade "température-débit" 3b Choix des paramètres des régulateurs, structure et sens 4a Choix technologique 4b Interprétation 5 Identifications des variables (C et INIT) à utiliser et des fonctions (compteur + comparateur) 6 interprétations de l'annexe				
Réaliser Effectuer des représentations en utilisant un format standardisé	$2 : I = (20-4) \times (15-5) / (165-5) + 4 = 5 \text{ mA}$ 3a Schéma TI correct 3b Calculs des paramètres des régulateurs, structure et sens 4b $2 \times 3600 / 3,6 = 2000$ impulsions/2h ; $2000T / 2000 \text{ impuls} = 1T / \text{impuls}$ 5 Organigramme correct 6 Proposition d'une adresse et masque compatible				
Valider Comparer les performances d'un système réglé au cahier des charges	3a Explication sur la stratégie mise en œuvre (/prise en compte des perturbations) 4a Mesure directe sans correction de T° et de viscosité				
Communiquer					

Grille n°2

Poids	Compétence	A	B	C	D
3	S'approprier				
5	Analyser				
4	Réaliser				
1	Valider				
0	Communiquer				