

ДЕЛОВОЙ ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК
ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 18.04.01*

FRANÇAIS SUR OBJECTIFS SPÉCIFIQUES
GÉNIE CHIMIQUE

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра иностранных языков

ДЕЛОВОЙ ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК
ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 18.04.01*

FRANÇAIS SUR OBJECTIFS SPÉCIFIQUES
GÉNIE CHIMIQUE

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

УДК 811.133.1 (073)

ДЕЛОВОЙ ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК. ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *Е.О. Никифоровская*. СПб, 2019. 56 с.

Методические указания предназначены для практических занятий со студентами магистратуры направления 18.04.01 «Химическая технология» и согласованы с программой по иностранному языку для магистров неязыковых вузов. Изучение предложенного материала направлено на совершенствование навыков просмотрового и коммуникативного чтения, а также для тренировки языковых конструкций, необходимых для построения научно-технических текстов.

Научный редактор доц. *А.В. Ивкина*

Рецензент старший преподаватель *Н.Б. Змеева* (СПбГУ)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемые методические указания по дисциплине "Иностранный язык" предназначены, прежде всего, для аудиторной работы и могут быть полезны для вузов технического профиля.

В соответствии с требованиями государственных программ Российской Федерации по профессиональной подготовке методические указания имеют целью развитие у обучающихся навыков и умений самостоятельно читать и анализировать специализированные тексты, составлять доклады, и рефераты на французском языке.

Предложенные аутентичные материалы и комплекс упражнений к ним направлены на совершенствование устной и письменной речи в профессионально-ориентированных условиях коммуникации. Тематика текстов затрагивает как научную, так и инженерно-практическую тематику.

Внимание уделяется накоплению активного словарного запаса, включающего частотные термины и слова общетехнического значения.

Introduction au mot «Génie»

En sciences et techniques le «génie» est un nom masculin généralement employé au singulier. Il désigne l'ensemble des techniques et des procédés utilisés par les ingénieurs pour créer, concevoir et produire ce qui répond aux besoins de la société. L'ingénierie est la science qui regroupe les différentes branches et les différents génies.

Un génie: est une personne qui possède dans son domaine des capacités créatives exceptionnelles, tel Mozart qui est un génie en musique. Le mot désigne aussi cette capacité, on dit : *le génie de Mozart.*

Être de génie c'est être exceptionnellement brillant dans son domaine : *Mozart est un musicien de génie.*

Le génie de: le caractère distinctif d'une chose : *le génie de la langue.*

Le génie est un être doté de pouvoirs surnaturels : *le génie de la lampe d'Aladin.*

Remplissez les blancs: a)le génie, b)un génie, c)de génie, d)son génie.

1. Cet ingénieur a du talent, c'est ... en informatique.
2. Pour avoir de bonnes idées, il fait appel à ... bienveillant.
3. Cet ingénieur a beaucoup d'expérience, sa spécialité est
4. Léonard de Vinci était ... pluridisciplinaire.

Branches de l'ingénierie

1) Dans une réunion de travail, le Directeur des ressources humaines fait un compte rendu oral sur les nouvelles recrues de l'entreprise. Complétez cet extrait de son texte avec les noms de postes proposés par la liste:

développeur en informatique, ingénieur chercheur, technicien en logistique d'entrepôt, technicien supérieur, ingénieur industriel.

Gérard est docteur en chimie informatique, il maîtrise des technologies de pointe dans la fabrication de pneumatiques auto, il occupera le poste de ... (1), ses compétences sont précieuses pour garantir la qualité de notre nouvelle gamme de pneus.

Le nouveau poste de ... (2) sera occupé par Fabrice, spécialiste dans le maintien des applications informatiques qui apportent une solution technologique devant faciliter et rendre plus performants nos produits pneumatiques.

Et afin d'assurer le bon fonctionnement de la nouvelle usine, nous avons recruté Paul ... (3) et Philippe... (4). Ils ont tous les deux plusieurs années d'expérience en production, optimisation des procédés de fabrication, installation, maintenance

Maintenant que nous avons développé nos capacités de production et de stockage, nous avons par conséquent agrandi l'équipe de gestion du stock en recrutant deux ... (5): François et Patrick.

2) Spécifiez le génie en question: a) industriel, b) mécanique, c) électrique, d) civil, e) informatique, f) chimique, g) logiciel.

Le génie...

C'est la conception, l'installation et le perfectionnement des machines qui utilisent de l'énergie. C'est la maîtrise des procédés d'usinage, de soudage, et d'assemblage, l'automatisation, la robotisation, l'hydraulique, la pneumatique, etc.

Le génie...

Regroupe l'électrotechnique et l'électronique. La première branche concerne la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique. Quant à l'électronique, elle vise la conception et la fabrication de circuits et d'appareils électroniques

Le génie ...

S'occupe de la conception des barrages et aqueducs, ponts, routes, aéroports et autres infrastructures. Comprend également les équipements utiles à l'habitat, au transport et à l'industrie. Comprend enfin tout savoir-faire utile à la préservation de l'équilibre environnemental.

Le génie...

Encore appelé génie des procédés, c'est la maîtrise des réacteurs chimiques, des techniques de séparation, de purification, le transfert des fluides et des solides, etc. C'est aussi l'élaboration des produits alimentaires, pharmaceutiques, des matières synthétiques, le traitement de l'eau, la gestion des déchets ...

Le génie ...

La conception et la fabrication des ordinateurs, des processeurs et des modems ...

Le génie...

Focalise plutôt sur la programmation et la production de logiciels.

Le génie...

Orienté plutôt vers la gestion et l'organisation de l'entreprise, l'ingénierie de la qualité et de la fiabilité, la veille technologique et concurrentielle, etc.

Textel

1) Lisez les textes et trouvez les mots concernant le génie chimique, ensuite faites le résumé de chacun des textes ci-dessous (A, B) et travaillant en groupe créez le diaporama représentant une des sociétés, une des organisations et une des universités mentionnées ci-dessous à votre choix:

A. La recherche en pétrochimie appliqué à l'industrie pharmaceutique

Depuis 2000, nul chimiste n'avait été récompensé par la médaille d'or du CNRS (**Le Centre national de la recherche scientifique**). Ce sera chose faite le 9 septembre prochain. La Recherche tient de source sûre que cette récompense qui salue «un scientifique ayant contribué de manière exceptionnelle au dynamisme de la recherche française» sera cette année décernée au chimiste Gérard Férey.

Sans jamais quitter la chimie des solides et des matériaux, ce dernier a eu deux vies scientifiques. A partir du milieu des années 1960 à **l'Université du Mans**, Gérard Férey s'intéresse aux "fluorures", des minéraux à base de fluor. Puis, au début des années 1990, après un passage à la direction du département Chimie du CNRS comme directeur adjoint, il change radicalement de thème de recherche et se consacre aux solides poreux, dans un laboratoire qu'il crée à **l'Université de Versailles-Saint-Quentin**. Il a depuis acquis une renommée internationale dans ce domaine, où son équipe est parmi les premières mondiales.

Comme il l'expliquait en 2000 dans La Recherche, la capacité des matériaux poreux naturels à absorber de petites molécules a été utilisée en

particulier dans l'industrie pétrolière, pour casser les grosses molécules d'hydrocarbures en plus petites. Toutefois, le diamètre des pores, inférieur au nanomètre, limitait les applications. Des chimistes ont tenté, à partir des années 1980 de synthétiser des matériaux analogues avec des pores plus larges. L'un des apports déterminants de Gérard Férey à ce champ de recherche a alors été la mise au point d'une méthode raisonnée de synthèse, fondée sur l'analyse des étapes de celle-ci, et sur des simulations numériques. Grâce à elle, avec son équipe, il a battu plusieurs fois des records en terme de taille des pores ou de surface développée du matériau. Il a aussi synthétisé les premiers matériaux poreux à propriétés magnétiques.

La médaille d'or du CNRS honore aussi un scientifique préoccupé par les applications de ces travaux. Ainsi, l'un des matériaux mis au point par G. Férey est aujourd'hui vendu comme catalyseur par l'entreprise **BASF** (est un groupe chimique allemand et le plus grand groupe de chimie au monde avec nombreuses filiales étrangères dans 170 pays). Il étudie également les possibilités d'employer ces matériaux pour stocker des gaz, tels que l'hydrogène, ou encore le dioxyde de carbone. Ses plus récents travaux publiés concernent la pharmacie. En collaboration avec l'équipe de Patrick Couvreur, du laboratoire de Physico-Chimie - Pharmaceutique – Biopharmacie du CNRS et de **l'Université Paris-Sud à Chatenay-Malabry**, il a en effet présenté des matériaux non toxiques et biodégradables sous forme de poudre, ces derniers peuvent emmagasiner d'importantes quantités de molécules actives pour lutter contre le virus du sida ou différentes formes de cancer. Ces médicaments sont ensuite libérés progressivement dans l'organisme pendant une durée pouvant aller jusqu'à deux semaines.

Gérard Férey a reçu de nombreux autres prix et distinctions, notamment en 2010 le Grand Prix de la **Fondation de la Maison de la chimie**; en 2009 le prix **ENI** (est une société italienne privée d'hydrocarbure) en Italie ; en 2008 le Grand prix de la **Société chimique du Japon** et le prix Catalan-Sabatier de la **Société royale de chimie espagnole**. Il est membre de l'Académie des sciences et du **Comité consultatif national d'éthique**. Il est également à l'initiative d'Ambition chimie, collectif regroupant toutes les instances de la chimie française en vue de revaloriser l'image de la discipline.

B. Les géochimistes ont testé les proportions de tungstène qui suit les métaux nobles dans leur migration.

L'or et le platine présents à la surface de la Terre ont été apportés par des météorites. C'est ce que raconte l'analyse des différentes variétés du tungstène dans des roches anciennes.

Lors de la formation de notre planète, la quasi-totalité des métaux nobles – l'or, mais aussi le platine, le palladium ou le rhénium – ont suivi le fer dans sa migration vers le noyau. Pourtant, ces métaux ne sont aujourd'hui pas si rares à la surface de la Terre. Matthias Willbold, de **l'Université de Bristol**, et ses collègues viennent de confirmer qu'une pluie de météorites, il y a 3,9 milliards d'années, explique ce paradoxe.

Lors de son accrétion, il y a 4,5 milliards d'années, la Terre s'est différenciée en un noyau central de fer, entouré de roches silicatées formant le manteau et la croûte. Cette séparation a été accentuée 50 millions d'années plus tard, quand la Terre est entrée en collision avec un embryon planétaire. Une partie de la matière a été mise en orbite, formant la Lune lorsqu'elle s'est refroidie. Mais surtout, les roches ont totalement fondu. Cette fusion a facilité la descente vers le noyau des éléments «sidérophiles», qui, tels les métaux nobles, forment facilement des alliages avec le fer. Plus de 99 % de la masse des métaux nobles s'est ainsi retrouvée à plus de 2 900 kilomètres de profondeur.

Pourquoi, alors, trouve-t-on des gisements d'or ou du platine en relative abondance à la surface de la Terre? Deux hypothèses étaient jusque-là avancées. L'une invoquait la remontée de matériaux du noyau vers le manteau. L'autre s'appuyait sur l'intense bombardement de météorites d'il y a 3,9 milliards d'années, et dont témoignent les cratères sur la Lune. Cette accrétion tardive aurait apporté entre 0,5 % et 1 % de la masse terrestre actuelle et, notamment, des métaux nobles.

Pour tester cette hypothèse, les géochimistes se sont intéressés au tungstène. Ce métal présente deux avantages: il est sidérophile, et a donc suivi les métaux nobles dans leur migration; et sa radioactivité est éteinte, ce qui signifie que le rapport entre deux de ses différentes formes, le tungstène-182 et le tungstène-184, ne change pas au fil du temps.

L'équipe a donc analysé les proportions de tungstène-182 et 184 dans des roches d'âge différent jusqu'à aujourd'hui. Les plus anciennes, celles d'Isua, au Groenland, ont cristallisé il y a 3,8 milliards d'années

mais renferment des composants datant de 4,4 à 4,5 milliards d'années. Grâce à l'amélioration récente des techniques de spectroscopie de masse sur plasma, qui trient les composants d'un échantillon en fonction de leur masse, l'équipe a détecté de subtiles variations dans la proportion de tungstène-182 au cours du temps par rapport au tungstène-184: celle-ci augmente légèrement jusqu'à 4 milliards d'années, puis redescend pour atteindre sa valeur actuelle.

L'augmentation était attendue: le manteau terrestre contient un élément radioactif, le hafnium, qui se désintègre presque totalement en 50 millions d'années en donnant uniquement du tungstène-182. La diminution, elle, ne peut s'expliquer qu'en imaginant l'ajout d'un matériau dont la proportion en tungstène-182 est moins forte. C'est le cas des météorites, comme le montre une modélisation de l'histoire du tungstène lors de la formation du système solaire. Les calculs montrent qu'il suffit de prendre en compte la masse de sidérophiles apportés sur Terre par les météorites, pour combler exactement la différence de composition en tungstène observée.

2) Les termes de la liste ci-après expriment la manière dont se fait la combinaison des particules constituant la matière. Placez chaque terme dans les textes de définition. (Possibilité de répétition du mot):

a) le proton, b) l'atome, c) l'électron, d) le neutron, e) la molécule.

1. La ... est la plus petite quantité de corps pur possédant les propriétés de ce corps. H₂O est... d'eau.
2. La plus petite quantité de matière pouvant exister dans une ... est
3. Une ... d'eau est composée de deux ... d'hydrogène et un ... d'oxygène.
4. Contrairement au ..., le ... a une charge négative ou nulle, ils constituent tous les deux le noyau atomique.
5. Le ... est l'un des deux constituants du noyau atomique. Sa charge est positive.
6. Les ... tournent en orbite autour du noyau atomique.

3) Classez les termes de la liste proposée dans le tableau :
crystallisation, fusion, réchauffement, dilatation, refroidissement, jaunissement, décompression, évaporation, condensation, compression, solidification, blanchissement, liquéfaction,

épuration, distillation, noircissement, rétrécissement, dessalement, carbonisation.

Type de transformation de la matière	Termes désignant la transformation de la matière
Changement de température	
Changement d'état de la matière	
Changement de volume	
Changement de composition chimique	
Changement de couleur	

4) Même exercice: *Elévation, chute, irruption, éruption, rotation, baisse, flottement, jaillissement, précipitation, tourbillonnement.* (Parfois plusieurs possibilités).

Types de mouvement	Termes désignant le mouvement
Mouvement du bas vers le haut	
Mouvement du haut vers le bas	
Mouvement circulaire	
Mouvement violent	
Mouvement brusque	

Texte 2 Les propriétés physicochimiques de l'oxygène

1) Vous avez ci-dessous une série des textes qui représentent l'oxygène. Après avoir lu ces textes-là faites le résumé. Suite de la lecture récupérez les mots clés. Trouvez leurs définitions en consultant le dictionnaire, ensuite veuillez composer les phrases à partir des mots au choix de votre enseignant.

Les propriétés physicochimiques de l'oxygène

Indispensable à la plupart des **organismes vivants**, l'**oxygène** est l'un des **éléments chimiques** les plus répandus sur Terre, ainsi que dans le cosmos. Il est un élément chimique de la famille des **chalcogènes**, dont le **noyau atomique** est constitué de huit **protons** et, généralement, de huit **neutrons**. On le trouve principalement sous **forme moléculaire** ou bien combiné à d'autres éléments. Dans l'air atmosphérique, deux atomes d'oxygène forment ainsi des molécules de dioxygène. L'air contient 21 %, en volume, de ce **gaz incolore et inodore**, qui possède des propriétés magnétiques et qui est **soluble** dans l'eau. À la pression ordinaire et à la température de $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$, le dioxygène **se condense** en un **liquide** de couleur bleu pâle. Lorsque la température descend en deçà de $-219\text{ }^{\circ}\text{C}$, celui-ci devient **solide**, tout en conservant la même couleur. Soumis à une **décharge électrique**, le dioxygène se transforme en une molécule constituée de trois atomes d'oxygène: le trioxygène, plus communément appelé «**ozone**». On perçoit, parfois, l'odeur caractéristique de ce gaz irritant, par temps d'orage ou à proximité des **centrales électriques**. Molécule instable, très réactive d'un point de vue chimique, l'ozone est un **bactéricide** très efficace, utilisé notamment pour **désinfecter l'eau**. Il se forme naturellement dans la stratosphère, via des **réactions photochimiques**. Les molécules d'ozone constituent une **couche protectrice** qui absorbe la majeure partie du **rayonnement ultraviolet**, responsable notamment de cancers de la peau. L'oxygène atomique se combine à presque tous les autres éléments, pour former de l'eau et un ensemble de composés appelés «**oxydes**», tels le **dioxyde d'azote** ou le **dioxyde de carbone**. L'oxygène représente ainsi 87 % de la masse totale des océans, et près de 50 % de celle de la **croûte terrestre**. Les composés fondamentaux des **roches** sont en effet des **silicates**, minéraux constitués par un empilement d'atomes d'oxygène entre lesquels sont insérés des atomes de **silicium**, ainsi que de divers métaux, comme le **magnésium**, l'**aluminium** ou le **fer**.

Qui l'a découvert?

Le chimiste et théologien britannique Joseph Priestley, en 1774. Ce dernier est, en tout cas, le premier à avoir publié les résultats de sa

découverte, prenant ainsi et entre autres de vitesse l'apothicaire suédois Carl Scheele. En chauffant de l'oxyde de **mercure**, Priestley avait recueilli un **gaz** légèrement plus **dense** que l'air, dans lequel une bougie brûlait d'un éclat « remarquablement vigoureux ». Le chimiste français Antoine Lavoisier a, par la suite, étudié cet « air éminemment respirable », et a mis en évidence le rôle qu'il jouait dans les phénomènes de **combustion**. Lavoisier portait ainsi un coup fatal à la théorie dite du « phlogistique », développée par le médecin allemand Georg Stahl au début du XVIIIe siècle. Selon cette théorie, seules les **substances** dotées d'un **fluide** spécial, le phlogistique, étaient **inflammables** : ce fluide s'échappait de ces substances au moment de leur combustion. En effectuant des pesées précises de métaux avant et après leur calcination, Lavoisier a observé, non pas une diminution de la masse, comme l'aurait exigé une éventuelle libération de phlogistique, mais une augmentation.

Quelle est l'origine de son nom?

Lavoisier pensait, à tort, que tous les **acides** renfermaient de l'oxygène. C'est pourquoi il lui donna ce nom, dont l'origine grecque signifie «qui engendre des acides » - tout comme le mot **hydrogène**, forgé aussi par Lavoisier, signifie «qui engendre de l'eau». Il a également qualifié les acides les plus **oxygénés** par le suffixe «-ique», et les moins oxygénés, par le suffixe «-eux». Pour une même quantité de **soufre**, **l'acide sulfurique**, ou **vitriol**, renferme ainsi davantage d'oxygène que l'acide dit **sulfureux**. En recourant à ces nouvelles terminologies, Lavoisier bouleversait la nomenclature de l'époque et posait les jalons de la chimie moderne.

Quel rôle joue-t-il dans la combustion?

Un rôle essentiel, car une **flamme** s'éteint dès que l'oxygène vient à manquer. Inversement, lorsqu'un incendie couve dans une pièce fermée, le seul fait d'entrouvrir une porte peut provoquer un embrasement général par apport subit d'oxygène. La **combustion** fait partie des réactions d'**oxydoréduction**, par lesquelles un **oxydant**, **espèce chimique** qui a tendance à **capter des électrons**, s'associe à un **réducteur**, espèce qui a tendance à céder des électrons. Dans le cas précis des réactions de

combustion, l'oxygène est l'oxydant, et le combustible, le réducteur. Sur l'échelle, dite d'**électronégativité**, qui chiffre la capacité d'un élément à attirer des électrons lors de la formation d'une **liaison chimique**, seul le **fluor** possède une valeur plus importante que l'oxygène. Les réactions de combustion **libèrent de l'énergie**, qui est transférée sous forme de **chaleur** et de **rayonnement**. Le **phosphore** et le **magnésium s'enflamment**, par exemple, très facilement dans l'air, **en émettant** une lumière très vive. La combustion de l'hydrogène ou de l'**acétylène** dans l'oxygène est, quant à elle, mise à profit dans les **chalumeaux oxyhydriques** et **oxyacétyléniques**, qui engendrent des températures allant de 2 000 à 3 000 °C.

Peut-on l'extraire de l'air ambiant?

Oui, en séparant les constituants de l'air atmosphérique, qui est constitué principalement de **dioxygène** 21 % et de **diazote** 78 %. L'air est séché, **comprimé sous une pression** de 5 à 7 bars, et les molécules contenant **du carbone**, tel le dioxyde de carbone, sont filtrées. Le gaz subit ensuite une détente qui a pour effet d'abaisser sa température et de le faire **passer à l'état liquide**, selon un procédé industrialisé en 1902 par le chimiste et ingénieur français Georges Claude, fondateur de la société Air Liquide, actuel numéro un mondial pour la production des gaz industriels. Puis on réalise une **distillation fractionnée** de l'air liquide dans des colonnes qui comportent une centaine de plateaux superposés. Ces plateaux sont maintenus à des températures qui s'échelonnent entre – 183 °C et – 196 °C, **températures d'ébullition** de l'oxygène et de l'azote, respectivement. L'air liquide est introduit dans la partie supérieure des colonnes, qui correspond aux zones les plus froides, et il commence à s'évaporer vers – 194 °C. Le plateau correspondant à cette température recueille le liquide restant, enrichi en oxygène, qui rejoint le plateau inférieur, alors que la vapeur formée, enrichie en diazote, monte dans la colonne pour gagner le plateau supérieur. Le liquide tombe de plateau en plateau, et l'élimination du diazote se poursuit de proche en proche. En augmentant la pression, on **recupère** ainsi du **dioxygène gazeux**, pur à plus de 99 %. Cette méthode assure, à elle seule, plus de 90 % de la

production industrielle mondiale d'oxygène. Environ 5 % de l'oxygène est fabriqué selon un autre procédé, non **cryogénique**, qui est de plus en plus utilisé par les industriels dont les besoins sont relativement peu importants. L'air atmosphérique est séché, filtré, avant de traverser une **colonne de zéolites**, sortes de tamis moléculaires qui absorbent plus rapidement le diazote que le dioxygène. La **pureté** de l'oxygène gazeux ainsi obtenu varie entre 90 % et 95 %.

Comment fonctionne un masque à oxygène?

Tous les avions de transport public doivent pouvoir fournir de l'oxygène aux passagers et à l'équipage en cas de **dépressurisation**. Dans la plupart des appareils, l'oxygène est produit par voie chimique à partir de **cartouches** renfermant du **chlorate de potassium**, riche en oxygène. En cas de dépressurisation, il suffit de tirer sur le cordon des masques à oxygène pour déclencher, via une petite explosion, la réaction de **décomposition thermique** des chlorates. Les **sels de chlorate libèrent** alors du chlorure de potassium, et plus de six cents fois leur volume en oxygène. La réaction **dégage** elle-même de **la chaleur**, et s'entretient ainsi jusqu'à **épuisement** des chlorates.

On peut également produire de l'oxygène grâce à l'électrolyse de l'eau, c'est-à-dire sa décomposition en hydrogène et en oxygène **sous l'effet d'uncourant électrique**. Cette méthode est utilisée, notamment, pour alimenter en oxygène les sous-marins nucléaires et la Station spatiale internationale, qui disposent pour cela de l'énergie fournie par leurs réacteurs ou par des panneaux solaires.

Comment l'oxygène est-il stocké?

À l'état liquide ou sous forme de **gaz comprimé**. L'oxygène liquide, dit cryogénique, car conservé à très basse température - 183 °C, est conditionné dans des récipients isolants à double paroi, de type bouteille Thermos. Dans cet état condensé, il occupe un volume minimal: un litre de liquide libère en effet 850 litres de gaz à la pression atmosphérique. Sous forme de gaz, l'oxygène est conservé sous une pression de 200 bars,

soit deux cents fois la pression atmosphérique normale – dans des bouteilles à ogive blanche, selon les normes en vigueur, le rouge étant réservé à l'hydrogène et aux gaz inflammables, le noir à l'azote, etc. Ce conditionnement, qui est celui des bouteilles d'oxygène médical, implique un certain nombre de précautions lors du stockage et de l'utilisation du gaz. Au danger classique d'une explosion sous l'effet de la chaleur s'ajoute en effet un risque d'inflammation lors de l'ouverture de bouteilles à détendeurs intégrés. Ces derniers comportent un compartiment haute pression dans lequel l'oxygène s'engouffre lors de l'ouverture du robinet. Le système est prévu pour résister à la forte augmentation de température jusqu'à 600 °C qui accompagne la brusque montée en pression. À une telle température, tout matériau organique s'enflamme très facilement, surtout lorsque la teneur en oxygène est élevée. La présence accidentelle de polluants peut ainsi entraîner leur combustion et l'explosion de la bouteille, via un processus dit de «coup de feu».

D'où vient l'oxygène de l'air?

Essentiellement des bactéries marines qui produisent leur matière organique en exploitant l'énergie solaire, et dont l'apparition, il y a environ trois milliards d'années, est attestée par l'analyse de microfossiles. L'atmosphère n'a pas toujours eu la composition qui est la sienne aujourd'hui. Le gaz carbonique a en effet longtemps dominé avant de se dissoudre dans l'eau des océans. Dotées de chlorophylle et autres pigments récepteurs de photons, les cyanobactéries, également connues sous le nom d'algues bleues, ont utilisé le rayonnement solaire pour **synthétiser** leur **matière nutritive** à partir d'eau et de dioxyde de carbone. Ce processus s'est accompagné d'un dégagement de dioxygène, qui a été piégé dans les minéraux par des éléments chimiques réducteurs, tel le fer, avant de s'accumuler progressivement dans l'atmosphère. Une partie des molécules de dioxygène se sont ensuite dissociées sous l'effet du **rayonnement ultraviolet**, et les atomes libérés se sont recombinaés à d'autres molécules pour former la couche d'ozone dans la stratosphère. La formation de ce bouclier protecteur a permis le développement de nouvelles formes de vie sur les continents. L'atmosphère a atteint sa composition actuelle il y a quelques centaines de millions d'années. Un

équilibre s'est alors instauré entre l'oxygène dégagé par la **photosynthèse**, d'une part, et l'oxygène absorbé par la respiration des organismes vivants, l'oxydation des roches et la **décomposition de matières organiques**, d'autre part.

2) Traduisez les phrases ci-dessous du russe au français:

1. Кислород энергично реагирует со многими веществами: простыми – металлами и неметаллами- и сложными.
2. Химические реакции взаимодействия веществ с кислородом называются реакциями окисления
3. Химическая реакция, при которой происходит окисление веществ с выделением тепла и света называется реакцией горения.
4. Продуктами реакций взаимодействия веществ с кислородом, в большинстве случаев, являются оксиды.
5. Оксиды — это сложные вещества, которые состоят из двух элементов, одним из которых является кислород
6. Кислород образует соединения со всеми химическими элементами, кроме гелия, неона и аргона
7. С большинством элементов он взаимодействует непосредственно, кроме галогенов, за исключением фтора, золота и платины.
8. Некоторые летучие органические вещества самопроизвольно воспламеняются на расстоянии нескольких метров от открытого сосуда с жидким кислородом.
9. Связь в молекуле кислорода прочная.

Texte 3 L'eau pure nettoie mieux que la lessive

1) Consigne pour l'étudiant: le lavage sans lessive est une innovation scientifique qui, si elle ne menace pas l'industrie des produits nettoyants, s'est avérée pertinente pour le nettoyage de machines et instruments. Elle est également bénéfique pour l'hygiène et pour l'environnement. Qu'en pensez-vous? Veuillez justifier votre avis.

L'eau pure nettoie mieux que la lessive

L'eau dégazée peut enlever les taches de graisse aussi bien que les détergents. Serait-ce la fin des lessives?

Un chercheur britannique a mis au point une technique qui permet de laver les vêtements en utilisant uniquement de l'eau. Richard Pashley, professeur de chimie physique à l'Australian National University (Canberra), a découvert que lorsque des «microparticules» d'air étaient retirées de l'eau – un processus connu sous le nom de «dégazage», l'eau enlevait les taches grasses de la surface des vêtements, assurant un lavage sans lessive.

Les gaz présents dans l'eau «collent» la saleté en créant une tension de surface. Quand on enlève ces particules d'air, l'effet agglutinant cesse et le gras se disperse dans l'eau sous forme de fines gouttelettes. Dans son expérience, Richard Pashley a dégazé de l'eau en la congelant avec de l'azote liquide. Pour simplifier le processus à l'avenir, il prévoit de mettre au point des membranes semi-perméables qui permettront de dégazer l'eau en la filtrant.

Le lavage sans lessive pourrait aussi avoir des applications industrielles, comme le nettoyage des instruments chirurgicaux. Ceux-ci sont normalement nettoyés à l'aide de détergents, mais il peut s'avérer délicat de retirer le résidu savonneux. Un domaine relativement nouveau, celui des «nanomachines», pâtit lui aussi des problèmes posés par les résidus savonneux. Ces machines sont si petites que de tels résidus peuvent entraver leur fonctionnement. L'Association britannique de l'industrie des produits nettoyants estime ne pas avoir de souci à se faire: l'utilisation d'eau dégazée pour laver les vêtements n'assure pas une qualité suffisante. *«Ce que les clients recherchent, c'est l'efficacité, souligne le porte-parole de cette association, et nous ne pensons pas que*

l'utilisation d'eau pour laver les vêtements assure une qualité suffisante». Quant aux Amis de la terre, ils rappellent que les bienfaits des techniques de lavage sans lessive pourraient avoir comme contrepartie pour l'environnement une hausse de la consommation d'énergie.

**2) Vous avez les informations à lire et à faire la traduction écrite.
Avant de le faire demandez-vous:**

1. Quel est l'impact de la lessive sur l'environnement?
2. Quelle quantité de lessive votre famille consomme en moyenne par an:
3. Lessive en poudre, tablettes, lessive liquide; que choisir?

Une famille française consomme en moyenne par an: 3 à 4 litres de liquide vaisselle, 10 à 20 litres de nettoyants ménager, réalise 220 lessives, soit 26 litres de lessive liquide ou 40 kg de lessive poudre. Nous, les Français, nous faisons environ 20 millions de lessives par jour et nous utilisons 10 kg de poudre pour lave-vaisselle par an. De quoi tuer l'écosystème d'un étang de 6 hectares et de 1,5 mètre de profondeur. Ces produits étant rejetés dans nos rivières via des stations d'épuration, ils entraînent parfois des conséquences très néfastes, il est donc réellement important de bien choisir ses produits d'entretien:

- Les phosphonates et les phosphates, des adoucissants qui causent l'eutrophisation des eaux.
- Les azurants optiques des lessives classiques, utilisés pour refléter la lumière UV pour que le linge paraisse plus blanc. Ils laissent des résidus chimiques qui pénètrent la peau.
- Les dérivés du pétrole, les hydrocarbures aromatiques comme le benzène et le toluène qui sont allergisantes.
- Les EDTA (éthylènediaminetétraacétique est un acide diaminotétracarboxylique de formule $C_{10}H_{16}N_2O_8$), NTA (acide

nitrilotriacétique est un acide tricarboxylique de formule brute $C_6H_9N_1O_6$, des séquestrants, toxiques pour l'environnement.

Selon le Planetoscope, on fait plus de 20 millions de lessives par jour en France, soit 7,3 milliards de lessives par an. Rien qu'en Europe, on produit plus de 3 millions de tonnes de détergents à lessive par an. La majorité de ces ingrédients est pas ou peu biodégradables, ils s'accumulent dans les eaux de surface, le sol, et même dans les organismes vivants (poisons, êtres humains). Le problème c'est qu'une fois dans la nature, il est impossible de s'en débarrasser. D'où la nécessité de limiter un maximum leur usage.

Agents tensioactifs: ce sont les successeurs du bon vieux savon, plus efficaces, mais aussi plus polluants. Certains, comme le LAS (sulfonates d'alkylbenzène linéaires), sont très toxiques pour la vie aquatique. L'emploi de LAS est d'ailleurs interdit en Suède.

Agents de blanchiment: on utilise généralement deux produits pour obtenir l'effet blanchissant, percarbonate, non nocif, et le perborate, qui lui, est nocif pour l'environnement.

Polymère anti-redéposition: pour éviter que les saletés dissoutes dans l'eau se redéposent ensuite sur le linge, entraînant une couleur grise, les fabricants utilisent des agents anti-redéposition, tels que CMC (Carboxyméthylcellulose). Cette substance est parfois considérée comme non-écologique, mais dans une moindre mesure que les autres ingrédients.

Adoucissants et agents complexes: leur but est d'adoucir l'eau pour augmenter l'efficacité de la lessive. Parmi eux, des substances non biodégradables, présentes dans quelques produits, comme les phosphonates, les polycarboxylates ainsi que l'EDTA. Le NTA, lui, est une substance cancérigène. Une fois rejeté dans un cours d'eau, il risque de se lier aux métaux lourds présents dans la vase, ce qui "libère" ces derniers dans l'eau et leur ouvre les portes de notre chaîne alimentaire.

Solvants: il s'agit de substances toxiques telles que les paradichlorobenzène, phénol ou phénols halogènes.

Conservateurs: certaines lessives contiennent du formaldéhyde, une substance reconnue cancérigène.

Parfums: de nombreux produits contiennent des muscs, fragrances non biodégradables et véritables fléaux car largement utilisées dans l'industrie. D'autant plus inacceptable qu'il existe des solutions de rechange.

Lessives liquides ou en poudre, quel est le bon choix pour l'environnement et le budget? Au rayon des lessives, comment choisir le type de lessive le plus adapté à vos besoins? Se côtoient les lessives liquides, en poudre, en tablettes ou unidoses. Rassurez-vous, il n'y a pas de mauvais choix! Les lessives sont toutes d'une grande efficacité et pensées pour respecter votre linge. Mais elles peuvent présenter des qualités différentes: écologiques, économiques ou tout simplement ludiques et pratiques. Petit lexique à l'usage de ceux et celles qui veulent enfin y voir plus clair. Les tablettes, le nouvel effet compact. Eh oui, les tablettes ne sont ni plus ni moins que de la lessive en poudre. De la lessive en poudre concentrée et compactée, tout simplement. Avantage, elles prennent très peu de place dans le placard et permettent de doser au plus juste, ce qui permet de soulager sa conscience écologique et réaliser des économies. Car, c'est bien connu, nous avons toutes tendance à avoir la main un peu lourde au moment de verser la lessive, pensant que plus la dose est importante, mieux le linge sera lavé. Ce qui est faux, bien sûr. Les tablettes permettent donc de doser au plus juste, sans se poser de questions. Conseils d'utilisation: comme pour la lessive en poudre classique, elle est plutôt recommandée pour les lavages à très haute température. Son truc en plus: c'est véritablement la lessive des gens pressés qui n'ont qu'à glisser deux tablettes dans la machine à laver, et hop.

La lessive en poudre, le grand Classique. La fameuse lessive en poudre fait partie de notre imaginaire collectif. Ses paillettes parfumées et blanches recèlent la promesse d'un linge parfaitement propre. Logique, elle contient bien souvent des agents anti-calcaires et de blanchiments qui permettent d'éviter le grisaillement du blanc. Elle est donc

particulièrement recommandée pour lutter contre le ternissement et le jaunissement naturel du linge. Conseil d'utilisation: la lessive en poudre est recommandée pour le linge blanc, les matières en coton, et le linge très sale. Elle est particulièrement efficace à très haute température, et peut à l'inverse se dissoudre moins facilement à basse température et entraîner des traces blanches sur les tissus colorés. Son truc en plus: elle est très efficace sur les tâches tenaces!

Texte 4 Recycler le CO₂

1) Lisez le texte en récupérant les mots clés et composez les questions sur les idées principales, posez-les à vos compagnons de travail. Transformez les phrases qui ont le discours direct en discours indirect, mais avant de le faire pour que vous puissiez maîtriser mieux le français entraînez-vous en grammaire en faisant les exercices sur le discours indirect.

1.Transformez ces interrogations en interrogations indirectes en essayant de varier les verbes introducteurs comme dans l'exemple.

Quel cadeau allez-vous lui offrir. – *Elle veut savoir quel cadeau on va lui offrir.*

1. Quand est-ce que vous irez à Pau? _____
2. Pourquoi vous vous disputez? _____
3. Comment iras-tu à l'aéroport? _____
4. Qu'est-ce qui la rend triste? _____
5. Qu'est-ce qu'on fait ce soir? _____
6. Où est-ce qu'il est parti? _____
7. Avec qui partez-vous en vacances? _____
8. Est-ce que tu as compris? _____
9. Laquelle préfères-tu? _____
10. Quel cadeau lui ferait plaisir? _____
11. Êtes-vous prêts? _____

2.Transformez les impératifs au discours indirect en utilisant le mode qui convient.

- 1.Répondez avant jeudi! Il demande _____. Il demande que _____
- 2.Parle plus fort! Il lui dit _____. Il veut que _____.
- 3.Partez avant midi! Elle suggère _____. Elle suggère que _____.
- 4.Allons-y ensemble! Il propose _____. Il propose que _____.
- 5.Arrêtez de crier! Elle dit _____. Elle demande que _____.
- 6.Rangez vos affaires! Elle nous demande _____. Elle veut que _____.
- 7.Dépêchez-vous! Il dit _____.

3.Transformez ces phrases au discours indirect en faisant les changements de pronoms et d'adjectifs qui conviennent.

- 1.Est-ce que tu peux me prêter ton livre? – Elle demande _____.
- 2.Quand est-ce que vous viendrez me voir? – Il veut savoir _____.
- 3.J'ai laissé mes dés dans ta voiture? – Il me dit _____.
- 4.Où est-ce que j'ai pu oublier mes lunettes? – Elle se demande _____.
- 5.J'ai rencontré ta sœur devant chez moi? – Il dit _____.
- 6.Où avez-vous rangé mon dossier? – Il veut savoir _____.
- 7.Est-ce que vous pourrez m'accompagner? – Elle ne sait pas _____.
- 8.Pourrais-tu me prêter le tien? – Elle demande _____.

Recycler le CO₂

De nouveaux catalyseurs transforment le dioxyde de carbone en méthanol et acide formique, des matières premières liquides facilement transportables.

Rien de bien impressionnant: des câbles, des récipients et des bonbonnes de gaz. Ainsi qu'un bloc de métal à l'air plutôt banal doté d'une petite fenêtre et posé sur un meuble à tiroirs. Combiné à un spectroscope Raman, ce réacteur sous pression permet d'observer la structure moléculaire des matériaux à travers leur interaction avec un rayon laser.

La taille de l'expérience n'a rien à voir avec l'ambition du projet sur lequel Philipp Rudolf von Rohr travaille avec une douzaine d'autres chercheurs venant de huit pays. «Notre objectif est de tirer quelque chose d'utile à partir du CO₂», dit le professeur au Département de génie

mécanique et des procédés de l'ETH Zurich (École polytechnique fédérale de Zurich).

Il ne s'agit pas ici de capter le dioxyde de carbone dans l'atmosphère, mais de le transformer en une matière première liquide dont on puisse extraire quelque chose d'utile, du carburant par exemple. Alors que le stockage du CO₂ comme gaz réclame des moyens très importants, il est facile à entreposer et à transporter sous forme liquide du gaz liquéfié.

Les scientifiques maîtrisent déjà deux des trois réactions nécessaires – sur le papier, la chose ne semble pas plus compliquée qu'un devoir de gymnasien. D'abord, le CO₂ et l'hydrogène sont transformés à l'aide de deux catalyseurs en acide formique et méthanol, qui se combinent en formiate de méthyle. Ce fluide est ensuite reséparé en acide formique et en méthanol liquides via un troisième catalyseur. La difficulté de l'opération réside dans les interactions entre les deux premiers catalyseurs, explique Philipp Rudolf von Rohr. L'ingénieur teste différentes variables telles que pression, température, durée et rendement. Le produit visé, l'acide formique, fait aussi de la résistance: il n'existe pas de méthode simple pour estimer les quantités générées par une réaction. «La mesure n'est pas triviale», confie-t-il. «Sans interdisciplinarité, c'est impossible», dit Philipp Rudolf von Rohr. L'équipe zurichoise, des ingénieurs et des chimistes, ne travaille pas isolément. «Ce genre de problèmes ne peut être résolu que de manière interdisciplinaire», souligne Philippe. Quatre groupes de recherche sont à l'oeuvre: des spécialistes de la catalyse, ceux de l'analyse chargés de constater ce qui «sort finalement des réactions», les chimistes étudient ce qui se passe sur le catalyseur et, enfin, le groupe de Philipp Rudolf von Rohr construit les appareils, les exploite et les améliore. «Ce projet mérite d'être soutenu ne serait-ce que parce qu'il va dans le sens d'un cycle énergétique neutre en CO₂», commente Reto Holzner de Silent-Power, une société qui commercialise des générateurs électriques fonctionnant au méthanol. Il estime que des difficultés pourraient provenir des multiples catalyseurs et des hautes pressions, potentiellement problématiques dans les plus grands dispositifs. Les connaissances acquises dans ce projet sont importantes pour la place économique suisse, dit-il: «Sinon, nous serons bientôt dépassés».

2) Traduisez le texte du russe au français et prenez les informations sur les institutions mentionnées dans le texte. Pour ça naviguez sur Internet et visitez leur sites WEB.

В Швейцарии открылся первый в мире завод по переработке CO₂.

В Цюрихе открылся первый в мире завод, который собирает из воздуха углекислый газ для перепродажи и вырабатывает тепло, пишет Inhabitat. По данным Fast Company, стартап Climeworks, который организовал работу предприятия, полагает, что понадобятся еще сотни тысяч таких заводов, чтобы решить экологические проблемы планеты.

Вентиляторы на заводе всасывают воздух, фильтруют CO₂, а выделяемое тепло поставляется в теплицы по подземному трубопроводу. И теплицы — не единственное применение для CO₂, его также можно использовать, чтобы делать газированные напитки или создавать топливо.

Завод выполняет функцию деревьев — только для его работы понадобится в тысячу раз меньше площади, чем для растений, которые смогут переработать такое же количество углекислого газа. Такие заводы могут быть использованы в районах, которые не подходят для сельского хозяйства.

Первый завод в Швейцарии может перерабатывать около 900 тонн CO₂ в год — примерно столько углекислого газа выбрасывают в атмосферу 200 автомобилей. Чтобы перерабатывать 1% всех выбросов углекислого газа в мире к 2025 году, Climeworks понадобится 750 тысяч установок, которые собирают из воздуха углекислый газ. Компания планирует расширить производство и собирать уже 10 гигатонн CO₂ каждый год к 2040-2050 году.

Экологические проблемы на Земле усугубляются. По мнению ученых, средняя температура может повыситься на 1,5 градуса по Цельсию к 2026 году — это может привести к тому, что к середине века 350 миллионов людей окажутся на грани смерти от недостатка воды. 18 апреля Земля поставила новый «рекорд» в изменении климата — впервые в истории уровень CO₂ в атмосфере

превысил 410 ppm. Это заставляет задуматься о сокращении выбросов углекислого газа в атмосферу.

Texte 5 Comment se débarrasser des boues d'épuration

1) Lisez le texte et traduisez-le. Faites une investigation sur la situation dans votre pays et présentez-là.

Comment se débarrasser des boues d'épuration

Qu'est-ce qui fait brûler les résidus laissés par les stations d'épuration? Principalement du papier de toilette, indique une recherche de l'Eawag (Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau).

La Suisse produit chaque année 200 000 tonnes de boues d'épuration, les déchets potentiellement toxiques générés par les stations de traitement des eaux usées. Depuis 2006, la Confédération interdit de les utiliser comme engrais agricoles. Elles finissent donc normalement incinérées. Pour cela, elles sont d'abord préparées: on extrait notamment le méthane pour produire de l'énergie, avant de les sécher.

Jusqu'à présent, on savait peu de choses sur les processus en jeu lors de l'incinération. Une étude menée par Jonas Wielinski, un doctorant de l'équipe de Ralf Kaegi à l'institut fédéral de recherche sur l'eau Eawag, vient d'y remédier. Elle montre que l'incinération peut être décrite à l'aide de dix réactions chimiques.

Les scientifiques ont mené une analyse thermogravimétrique et soumis des échantillons de boues à diverses températures dans des atmosphères différentes en utilisant un appareil fonctionnant tel une balance très précise dans un four. Un algorithme a permis de déterminer les réactions de combustion qui se déroulaient en parallèle. L'équipe a notamment déterminé les paramètres d'Arrhenius, qui décrivent les variations de la vitesse des réactions chimiques en fonction de la température. Elle a aussi présenté une méthode permettant de déterminer les liaisons de référence.

L'étude indique que c'est avant tout la cellulose et la lignine qui brûlent dans les boues: elles sont responsables de 55% de la perte de masse observée lors de la combustion. La cellulose provient

principalement du papier de toilette, l'un des déchets organiques les plus présents dans nos eaux usées. Les scientifiques ont également identifié d'autres combustibles dans les boues, mais en proportions plus faibles: de l'hémicellulose, du xylane, des alginates et de la calcite.

2) Les textes suivant portent sur les voies de traitement des boues. Après avoir lu faites la présentation des autres procédés de traitement.

L'oxydation par voie humide (OVH)

L'oxydation par voie humide consiste à traiter thermiquement des boues en s'affranchissant des étapes de déshydratation et de séchage. Il s'agit de chauffer les boues à 200-250°C sous pression (jusqu'à 50 bars) et en présence d'oxygène pur, pour éviter une évaporation de l'eau. Le temps de séjour varie entre 30 et 60 minutes. La réaction détruit jusqu'à 95% de la matière organique en la transformant principalement en dioxyde de carbone et en ammoniac. On obtient ainsi:

- une solution aqueuse, renvoyée en tête de station pour être recyclée,
- des gaz de combustion traités ultérieurement dans un réacteur catalytique,
- un résidu solide minéral à 50% de siccité contenant moins de 5% de MO.

Cette technique permet de traiter des boues sortant directement de l'épaississeur (siccité inférieure à 10%). Elle présente également les avantages:

- de simplifier le traitement de l'air par rapport à l'incinération (diminution de moitié des émissions de CO₂ et de fumées dépourvues de poussières, de métaux lourds et de dioxines)
- d'être bien adaptée aux stations de capacité moyenne (50 000 à 150 000 EH).

Le coût moyen de cette technique en cours de développement est d'environ 50€/t de boues brutes.

Chaulage

Comme le compostage et la méthanisation, le chaulage permet de stabiliser les boues en même temps qu'il les hygiénise. Ce procédé intervient après la déshydratation et consiste à déverser de la chaux vive (CaO) ou éteinte ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sur les boues, initiant une réaction chimique exothermique. Il permet également une augmentation du pH des boues (supérieur à 12). Le chaulage est une opération totalement maîtrisable avec un coût d'investissement modeste. Toutefois, il est moins efficace que d'autres techniques en ce qui concerne l'abattement des bactéries sporulées et les oeufs d'helminthes. D'après les résultats d'une enquête réalisée par le Service de l'eau et de l'assainissement de la ville d'Amiens, le chaulage réduit très efficacement la contamination fécale ainsi que la croissance des micro-organismes pathogènes d'origine fécale dans les boues. Il permet également de supprimer les odeurs (stabilisation), d'augmenter encore plus la siccité des boues (25-35%) et d'améliorer leur structure (plus granuleuse) pour faciliter le transport ainsi que le stockage. Il s'agit d'une opération finale du traitement des boues. La boue chaulée peut ensuite être utilisée en agriculture ou envoyée en stockage ISDND (Installation de stockage de déchets non dangereux), mais rarement incinérée.

Stabilisation aux sels de nitrite

Le traitement aux sels de nitrite est bien adapté, techniquement et économiquement, aux petites stations d'épuration. Il assure une stabilisation assez performante par oxydation des composés malodorants, une inhibition de l'activité fermentative, ainsi qu'une hygiénisation (il élimine la plupart des germes fécaux). L'opération ne dure que deux heures environ. Ce procédé permet aussi d'augmenter la siccité des boues (2 à 5% de plus) ainsi que leur qualité fertilisante, ce qui se révèle particulièrement intéressant en vue d'une utilisation agricole. Il pourrait être une solution alternative au chaulage. A la différence de ce dernier, la stabilisation au nitrite est réalisée en phase liquide, avec des boues épaissies, sans augmenter la masse sèche à évacuer.

3) Ces exercices de grammaire vous aideront à réussir votre présentation.

1. Répondez aux questions en utilisant «*parce que*».

1. Pourquoi est-ce que tu pars tôt?
2. Pourquoi est-ce qu'elle rentre dans son pays?
3. Pourquoi n'étiez-vous pas à la réunion hier soir?
4. Pourquoi ne lui a-t-il pas dit la vérité?

2. Complétez avec «*puisque*» comme dans le modèle.

Puisque tu es bon en maths, explique-moi ce problème de géométrie!

1. _____ partons sans lui !
2. _____ je ne t'en reparlerai pas !
3. _____ allons voir un autre film !

3. Reliez les phrases proposées par «*étant donné que*» ou «*du fait que*» pour créer un rapport cause/conséquence.

1. Les loyers sont chers. / Les gens désertent les grandes villes pour aller habiter en banlieue.
2. Les gens regardent beaucoup la télévision. / Le cinéma est en crise.
3. Vous n'avez pas 18 ans. / Vous avez besoin d'une autorisation parentale.
4. Les aiguilleurs du ciel sont en grève. / Les avions ne partiront pas.

5. Transformez ces phrases en utilisant «*sous prétexte que*».

1. Ils ne sont pas venus au cinéma avec nous parce qu'ils prétendaient qu'ils avaient vu le film.
2. Ils ont détruit ce vieil immeuble parce qu'ils ont prétendu qu'il représentait un danger.
3. Elle ne m'a pas écrit parce qu'elle a prétendu avoir perdu mon adresse.

6. Complétez avec *grâce à* ou *à cause de*

1. Il a pu continuer ses études _____ une bourse du ministère.
2. Elle a été sauvée _____ un nouveau médicament.
3. J'ai mal aux pieds _____ mes chaussures neuves.

4. La machine ne marche pas _____ changement de temps et _____ l'humidité.

5. Cette entreprise a continué de fonctionner _____ une subvention de la région.

6. Ils sont arrivés en retard _____ d'une panne de voiture.

7. Terminez les phrases.

1. Les magasins sont illuminés en raison de _____

2. J'ai raté mon train à cause de _____

3. Il a réussi son examen grâce à _____

4. L'instrument est cher en raison de _____

5. Les banques seront fermées en raison de _____

6. Il a raté son examen _____

8. Transformez la phrase en utilisant *étant donné + nom ou du fait de + nom*.

1. Nous sommes rentrés parce qu'il y avait une tempête.

2. La rue est interdite à la circulation parce qu'il y a des travaux.

3. La population était mécontente parce que les prix augmentaient.

4. Il a dû quitter son poste parce qu'il y avait un scandale autour de sa vie privée.

5. Il y aura une manifestation parce que l'Assemblée a voté une nouvelle loi.

6. Ils ont changé le règlement parce qu'il y avait trop de fraudes.

9. Complétez comme il convient pour introduire une explication:

1. Il a été envoyé en exil; en effet _____

2. Tous ses romans ont pour toile de fond l'Indochine car _____

3. Nous sommes invités chez France samedi prochain. En effet _____

4. Les étudiants étrangers aiment lire *L'Étranger* de Camus car _____

10. Relier les deux phrases par une préposition causale suivie d'un nom en effectuant les modifications nécessaires: *À cause de - grâce à - faute de - compte tenu de - du fait de - à force de - en raison de*

1. On procède à un grand nombre d'itérations. L'erreur est ramenée à une valeur très faible.

2.La masse volumique de l'air est faible et les vitesses du vent importantes. L'énergie éolienne nécessite des surfaces de captation importantes.

3.Les polluants industriels ont connu une diminution sensible. La réglementation est renforcée et l'évolution des techniques croissantes.

Texte 6 La naissance des cristaux liquides

1) Lisez l'article de Michel Mitov (directeur de recherche au CNRS, il anime l'équipe cristaux liquides au Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales de Toulouse) et faites le résumé.

La naissance des cristaux liquides

À la fin du XIXe siècle, beaucoup de savants ne croyaient pas aux « cristaux liquides », bien connus aujourd'hui par les écrans plats. Il fallut près de vingt ans pour que leur existence même s'impose.

De la montre à l'écran de télévision les cristaux liquides sont présents dans de nombreux appareils qualifiés de « LCD » (le sigle anglais pour afficheurs à cristaux liquides). Le cristal liquide de ces dispositifs évoque un banc de poissons: ses molécules sont allongées et parallèles. Il se comporte avec la lumière comme un cristal à cause de cet ordre d'orientation. La fluidité, elle, provient de la mobilité des molécules-poissons dont les positions varient. Mais au XIXe siècle, lors de la découverte de ces états de la matière, les scientifiques étaient loin d'avoir cette image en tête. Face à ce qui s'annonçait comme une révolution scientifique, les controverses étaient vives, et l'on croyait plutôt à des expériences mal menées. Comment les découvreurs pouvaient-ils prouver qu'ils observaient un nouvel état de la matière, oxymore alliant des propriétés physiques du liquide et du cristal?

En 1888, Friedrich Reinitzer est un botaniste autrichien à Prague. Il extrait de la racine de la carotte des cristaux de « benzoate de cholestéryle » afin d'élucider leur structure. À son grand étonnement, ceux-ci présentent « deux points de fusion », comme il l'écrit le 14 mars dans une lettre de seize pages en caractères gothiques adressée à Otto Lehmann, physicien à Aix-la-Chapelle. Le composé perd sa dureté à 145,5 °C mais conserve sa couleur, qui ne disparaît qu'à 178,5 °C. Et le

phénomène est réversible. Ce comportement est surprenant: un cristal devrait perdre solidité et couleur à une seule et même température.

En fait, Reinitzer n'est pas le premier à observer ce phénomène. En 1855, la myéline (gaine entourant les fibres nerveuses) avait déjà été décrite se comportant comme un cristal face à la lumière tout en étant fluide. Entre 1861 et 1887, des chimistes avaient aussi reporté des phénomènes de couleur inattendus dans des esters de cholestérol à l'état liquide. Mais la complexité de leurs observations et la difficulté à les reproduire ne les avaient pas encouragés à poursuivre. Reinitzer est le premier à reconnaître qu'il est face à un phénomène significatif, non à un biais expérimental.

Les recherches s'accroissent avec Lehmann, qui reproduit les phénomènes dans un grand nombre de substances naturelles. Cristallographe chevronné, il possède un arsenal de microscopes pour observer in situ des cristaux lorsque la température change. Entre 1890 et 1900, il multiplie les articles et les qualificatifs, signe de son embarras pour décrire cette matière étrange: cristal coulant, cristaux liquides visqueux, fluide cristallin, cristaux liquides formant des gouttes, et enfin cristaux liquides.

Les deux savants se doutent dès le début que leurs observations exciteront la curiosité de leurs collègues mais pas que leur présentation des faits déclenchera autant de réactions passionnées. En effet, cristallinité et fluidité sont incompatibles: la communauté scientifique allemande trouve donc insoutenable de désigner cette matière en alliant la notion de cristal à celle de fluidité. Les théories sur les transitions de phase et le polymorphisme dans la matière ont à peine commencé à apparaître.

L'hypothèse du mélange

En outre, Reinitzer et Lehmann n'ont aucune connaissance de la composition moléculaire des esters de cholestérol. Bien que largement acceptée par la communauté scientifique, l'idée que la matière soit faite d'atomes et de molécules est même encore un sujet de controverse en cette fin de XIX^e siècle. Le concept de maille (unité se répétant par translation dans la matière cristallisée) est répandu mais les structures

cristallines ne seront élucidées que dans les années 1910, par les rayons X. Autant dire que Reinitzer et Lehmann naviguent à vue.

Une opposition se forme alors: quatre physiciens allemands, Georg Quincke, Georg Wulff, Gustav Tammann et Walther Nernst, mettent en doute la pureté de ces «cristaux liquides» qui présentent à l'oeil nu un aspect laiteux bien suspect. De 1890 à 1905, ils prétendent avec obstination qu'il s'agit de mélanges, et que l'existence de plusieurs points de fusion n'est que la contribution des différents composés. Il faut dire que ces savants sont sensibilisés à la science des colloïdes, science des mélanges contenant de la matière finement divisée, qui est un sujet en vogue depuis la moitié du XIXe siècle. Pour eux, ces «cristaux liquides» sont soit une solution colloïdale de petits cristaux dispersés dans un liquide, soit une émulsion de deux liquides (comme la mayonnaise est faite de gouttelettes d'huile dans de l'eau).

En 1889, les chimistes allemands L. Gattermann et A. Ritschke synthétisent les premiers cristaux liquides, dont ils contrôlent la pureté, contrairement aux extraits de substances naturelles dont tout le monde ignore la formation. C'est un argument de plus contre leurs collègues qui invoquent des composés pollués ou des phases hétérogènes. C'est dans leur article de 1890 qu'apparaît la première mention du terme cristaux liquides (flüssige kristalle) que Lehmann va propager, contre vents et marées.

En 1903, un article du groupe du chimiste allemand Daniel Vorländer reporte incidemment la synthèse d'un composé qui présente un point de fusion dédoublé, comportement qui «rappelle les composés étranges» de Lehmann. Qu'il soit signé par des étudiants en dit long sur l'atmosphère: Vorländer préfère se garder à distance d'une controverse éventuelle.

L'année suivante, des expériences d'électrophorèse défont l'hypothèse du fluide colloïdal : si des particules flottaient dans un fluide, un champ électrique devrait les en séparer. Or, il n'en est rien.

Le coup de grâce est porté en 1905 dans un congrès à Karlsruhe par Rudolf Schenck, à qui son mentor avait pourtant conseillé: «Monsieur Schenck, laissez tomber ce sujet stupide». Ce physico-chimiste allemand y fait une démonstration éclatante, écartant cette fois l'idée d'une émulsion, en prouvant l'existence d'une discontinuité dans le

comportement de la densité et de la viscosité des composés à la température de clarification (température de transition cristal liquide - liquide); et aucun procédé de purification ne change quoi que ce soit aux résultats. On raconte que le modérateur de la session, le Néerlandais Jacobus Henricus Van't Hoff, premier Prix Nobel de chimie trois ans plus tôt, dut déployer des trésors de diplomatie pour éviter un affrontement physique entre Tammann et Schenck !

Il ne reste alors plus que la raillerie aux opposants. Ils savaient que Lehmann entretenait une correspondance assidue avec Ernst Haeckel, zoologiste allemand dont les conceptions sur la théorie de l'évolution étaient plus que controversées. Haeckel considérait que la nature était animée; il parlait de «l'âme des cristaux». Cela contribuait à altérer la crédibilité de Lehmann, ainsi apostrophé après une conférence: «Comment vont vos cristaux liquides ? Est-ce qu'ils peuvent se nourrir maintenant»? En outre, Lehmann indispose ses collègues par sa suffisance, ce qui n'aide pas lorsque l'on cherche à promouvoir des idées révolutionnaires en science.

En 1907, Vorländer accepte de cosigner, cette fois, un article qui aura une influence à long terme: la plupart des cristaux liquides sont faits de molécules allongées. La même année, le physicien allemand Emil Bose contribue à asseoir le sujet en fournissant la première théorie mathématique de l'état cristal liquide, et le cristallographe français Frédéric Wallerant affirme sans détour: «La découverte de M. Lehmann est certainement une des plus importantes du siècle dernier».

À partir de 1908, Lehmann oeuvre à faire sortir les cristaux liquides de la communauté germanique. En 1909, il donne à la Sorbonne un long séminaire accompagné d'expériences qui connaît un vif succès. Cette visite marque la naissance d'une école française des cristaux liquides, avec Georges Friedel parmi les pionniers.

En 1922, Friedel publie dans les Annales de physique un article fondateur de 200 pages donnant la première classification des états cristal liquide: nématique, smectique et cholestérique. Il introduit les bonnes définitions dans les travaux parfois confus de Lehmann et fustige le terme de cristal liquide. Il préconise celui d'états mésomorphes pour montrer qu'il s'agit d'états de la matière à part entière, intermédiaires (mesos en grec) entre les états cristallin et liquide.

Mais cet article précède de peu le déclin de la recherche dans le domaine. Des travaux, de grande qualité, continuent à être menés en Europe mais en restant rares et isolés. Certains décideurs parlent des cristaux liquides, avec dédain ou ironie, comme de «curiosités de laboratoire» qui ne serviront jamais à rien.

Révolution industrielle

Les polémiques sur le sujet ont fini par s'éteindre, et l'on a compris que l'état laiteux au coeur des objections provenait en fait des variations de l'orientation des molécules-poissons d'un point à l'autre du cristal liquide, constitué de nombreux domaines contigus délimités par des lignes de discontinuité. Un rayon lumineux ne peut traverser sans subir de déviations la matière dont la transparence est alors troublée.

C'est au début des années 1960 que des industriels américains prennent soudainement des brevets pour des détecteurs de température et des afficheurs. «Les corps si curieux sur lesquels Lehmann a eu le grand mérite d'attirer l'attention, mais qu'il a eu le tort de mal nommer», selon les mots de Friedel, suscitent de nouveau l'intérêt. Non plus pour le débat scientifique mais parce qu'ils sont en train de donner naissance à une industrie multimillionnaire.

Si le domaine des écrans plats a rendu célèbres les cristaux liquides, il ne concerne pourtant qu'une petite partie de leurs concepts et de leur potentiel pour des applications. La cosmétologie est l'industrie la plus grosse utilisatrice de cristaux liquides. Surtout, la matière vivante a un besoin vital de l'état cristal liquide pour un grand nombre de processus biologiques. Pas de vie sans cristaux liquides! Mais ceci est une autre histoire.

2) Rédigez les phrases en utilisant les mots de la liste.

Inventer: concevoir une chose ou un objet qui n'existait pas.

Découvrir: révéler une réalité, un phénomène préexistants.

Créer: concevoir, imaginer, donner naissance à une idée, une théorie.

Contribuer: apporter aide et collaboration, participer, être associé à une réalisation.

Démontrer (quelque chose/que): prouver par une démonstration logique.

3) Travaux et mérites

Travaux de recherche	Réalisations et mérites
<p>Il a étudié et expliqué...</p> <p>Il a cherché à déterminer, à développer, à préciser,...</p> <p>Ses travaux ont porté sur..., ont contribué à...</p> <p>Il a utilisé les techniques de... pour...</p> <p>Il a fait des expériences sur</p> <p>Il a effectué des recherches sur</p>	<p>Il est l'inventeur de..., il a inventé..., il a eu le mérite d'inventer</p> <p>Il est le créateur de..., il a créé...</p> <p>Il est le découvreur de..., il a découvert</p> <p>Il est le fondateur de...</p> <p>Il a mis au point des...</p> <p>Il a mis en évidence le...</p> <p>Il a fabriqué...</p> <p>Il a démontré...</p> <p>Il a apporté une contribution à...</p> <p>Il jeta les bases de...</p> <p>Ses travaux ont contribué à...</p> <p>Il est connu en particulier pour ses travaux sur...</p>

Complétez les énoncés avec les verbes et les locutions verbales.

1. Lavoisier est... de la chimie moderne.
2. Alfred Bernhard Nobel a...à développer une façon sûre de manipuler la nitroglycérine. Ainsi, il... ce que l'on appelle la dynamite.
3. Hubert... le phénomène de la photosynthèse.
4. Pasteur... de la microbiologie.
5. Pasteur... le rôle des germes dans la propagation des maladies infectieuses.
6. Louis Pasteur a... le procédé de la pasteurisation.
7. Albert Einstein a... les théories de la relativité.
8. Henri Becquerel a... le phénomène de la radioactivité.

9. Galilée a... la lunette. Il a a loi de la chute des corps et les mouvements paraboliques des projectiles.
10. Hofmann a... le formol et le propénol.
11. Lavoisier a... le rôle de l'oxygène dans la respiration chez les animaux et chez les végétaux.
12. Lavoisier... également que le processus de combustion implique la présence d'oxygène.
13. Hartmut Michel et Johann Deisenhofer ont... à la compréhension de la photosynthèse.

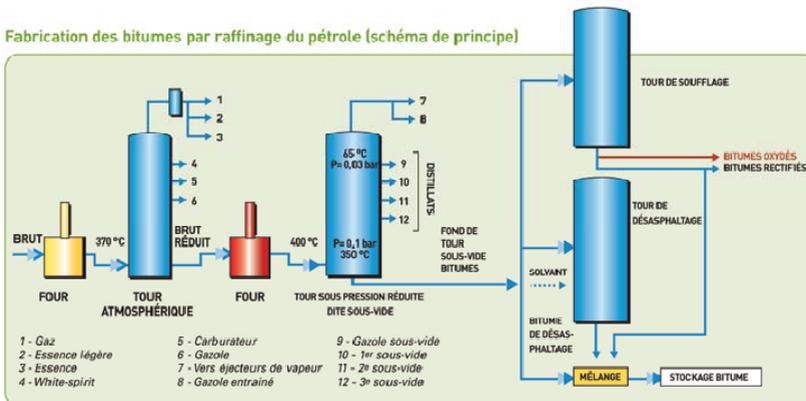
Les textes supplémentaires

Texte 7 Le bitume est une substance à forte valeur ajoutée technologique

Le bitume, à l'origine une substance naturelle rencontrée dans certaines roches, est aujourd'hui un produit industriel à forte valeur ajoutée technologique, employé principalement pour la construction routière et les ouvrages d'étanchéité. Ses propriétés techniques, liées à sa nature physique et chimique, en font un matériau encore irremplaçable. Le bitume utilisé de nos jours est obtenu par traitement de certains pétroles bruts, appelés "bruts à bitume" (10 % environ de l'ensemble des 1 300 bruts référencés dans le monde), dont il constitue la partie la plus dense et la plus visqueuse. Obtenu par séparation du pétrole brut par distillation "sous vide", c'est un mélange complexe d'hydrocarbures naturels non volatils de poids moléculaire élevé, appartenant en majorité aux groupes aliphatiques à chaînes droites plus ou moins ramifiées, naphthéniques ou cycliques et saturés. Il contient en moyenne 80 à 85 % de carbone, 10 à 15 % d'hydrogène, 2 à 3 % d'oxygène et, en moindre quantité, du soufre et de l'azote ainsi que divers. Le bitume utilisé de nos jours est obtenu par traitement de certains pétroles bruts, appelés "bruts à bitume" (10 % environ de l'ensemble des 1 300 bruts référencés dans le monde), dont il constitue la partie la plus dense et la plus visqueuse. Obtenu par séparation du pétrole brut par distillation "sous vide", c'est un mélange complexe d'hydrocarbures naturels non volatils de poids moléculaire élevé, appartenant en majorité aux groupes aliphatiques à chaînes droites plus ou moins ramifiées, naphthéniques ou cycliques et

saturés. Il contient en moyenne 80 à 85 % de carbone, 10 à 15 % d'hydrogène, 2 à 3 % d'oxygène et, en moindre quantité, du soufre et de l'azote ainsi que divers métaux à l'état de traces.

Le bitume produit en France est obtenu par distillation de pétrole bruts en provenance le plus souvent du Moyen-Orient. Mais aussi du Venezuela, du Mexique, d'Afrique ou de Russie. Dans la très grande majorité des cas la raffinerie comprend une unité de distillation qui regroupe une tour atmosphérique et une tour dite "sous vide". C'est au fond de cette dernière que le bitume est soutiré.



La distillation atmosphérique consiste à chauffer dans un four le brut préalablement décanté et dessalé. Ce brut est envoyé à une température voisine de 370 °C dans une colonne de fractionnement maintenue à la pression atmosphérique. Le produit récupéré en fond de tour est le brut réduit. Ce brut réduit est réchauffé aux alentours de 400 °C puis envoyé dans la colonne où règne une pression réduite à quelques hectopascals (10 hPa = 0,01 bar). Un procédé complémentaire à la distillation, le désasphaltage au solvant, permet de séparer les différents constituants lourds du pétrole brut sans les dégrader, en mettant à profit les différences de solubilité des fractions lubrifiantes et bitumineuses vis-

à-vis de certains solvants aliphatiques comme le propane ou le butane. Le désasphaltage ausolvant permet de traiter, le plus souvent, le fond de tour sous vide obtenu sur des “bruts à huile”. Selon la façon dont est conduite la fabrication du bitume, par distillation uniquement ou bien en complétant le processus par le désasphaltage au solvant, il est possible d’élaborer des bitumes présentant une pénétrabilité plus ou moins faible, c’est-à-dire des bitumes plus ou moins durs. Cette propriété fait partie des deux caractéristiques fondamentales de chaque bitume, avec la température de point de ramollissement.

S’ajoutent à ces caractéristiques la cohésivité, l’élasticité, la susceptibilité à la température et au vieillissement, qui sont mesurées par des tests spécifiques. Un groupe particulier de bitumes réservés à des usages industriels, appelés bitumes oxydés ou bitumes soufflés, est obtenu par l’injection d’air dans une charge composée habituellement de distillats et de produits lourds provenant de la distillation sous vide. Cette réaction se fait à une température de 280 °C en moyenne. D’autres bitumes, dits bitumes spéciaux, bitumes modifiés, bitumes modifiés par des polymères, sont fabriqués, avec ou sans ajout de modificateurs chimiques, à partir de bases choisies afin de leur conférer des propriétés rhéologiques particulières pour répondre à certaines exigences imposées par les applications routières ou industrielles.

Un matériau durable

Il faut observer que, quelles que soient les techniques employées, la fabrication du bitume n’entraîne aucune dégradation des composants naturels du pétrole brut. La production industrielle du bitume ne fait que reproduire un processus naturel (séparation des différentes fractions du pétrole et récupération de la fraction la plus lourde), sans aucune transformation chimique, ce qui explique à la fois la stabilité de ce matériau dans le temps et son innocuité pour la santé humaine lorsqu’il est en place dans l’ouvrage. En effet, contrairement aux dérivés de la houille (brai, goudron), riches en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) potentiellement dangereux, produits par la pyrolyse de la houille à très hautes températures ($\geq 1000^\circ\text{C}$), la distillation du pétrole brut à des températures inférieures à 500°C laisse intactes les

molécules de ses différents composants et les HAP ne sont présents dans le bitume qu'à l'état de traces.

C'est pourquoi le bitume n'est pas classé cancérigène. En ce qui concerne l'environnement, on notera que le bitume, composé essentiellement de carbone et d'hydrogène, est le seul hydrocarbure qui n'est pas destiné à la combustion, mais qui est valorisé sous forme de matériau de construction et constitue ainsi un stock de carbone, sans génération de gaz à effet de serre. Insoluble dans l'eau et non biodégradable lorsqu'il est en masse, le bitume n'a en outre, tout au long de sa vie, aucun impact sur l'environnement. Enfin, on retiendra que le bitume est recyclable quasiment à l'infini et qu'il offre donc une série d'avantages uniques en tant que matériau de construction routière et d'étanchéité.

Caractérisation des bitumes

En Europe, les bitumes sont caractérisés par un certain nombre d'essais normalisés dont les plus pratiqués sont la pénétrabilité à l'aiguille et le point de ramollissement bille et anneau, qui permettent d'apprécier leur consistance.

Pénétrabilité

La caractéristique présentée sous le nom de pénétrabilité représente, exprimée en dixièmes de millimètre (0,1 mm), la mesure de la pénétration dans un échantillon de bitume, au bout d'un temps de 5 secondes, d'une aiguille dont le poids avec son support est de 100 g. La pénétrabilité la plus couramment utilisée est celle qui est mesurée à 25 °C. À une température donnée, plus le bitume est dur, plus la valeur de sa pénétrabilité est faible. Un bitume 20/30 est plus dur qu'un 35/50. Le plus mou utilisé en France est le 160/220. Le bitume pur le plus largement utilisé dans les revêtements routiers est le 35/50.

Point de ramollissement bille et anneau

Les bitumes n'ont pas de point de fusion franc; leur consistance décroît progressivement lorsque la température s'élève. Pour cette raison, la détermination du point de ramollissement doit être faite ensuivant une

méthode bien définie, pour obtenir des résultats comparables. Une bille d'acier de 3,5 g et de 9,5 mm de diamètre est placée sur un petit disque de bitume posé sur un anneau de métal de 19 mm de diamètre. L'ensemble est chauffé à vitesse constante. Le point de ramollissement bille et anneau (TBA) est la température à laquelle le poids de la bille imprime à l'échantillon une déformation verticale de 25 mm.

EN 12591 - Bitumes et liants bitumineux

Spécifications des bitumes routiers. Cette norme européenne prescrit les propriétés et les méthodes d'essai appropriées aux bitumes routiers, destinés à la construction et à l'entretien des chaussées, et qui sont obtenus par des procédés de raffinage des pétroles bruts. Les bitumes routiers sont répartis au sein de la présente norme en trois groupes:

- a) Classes définies par une pénétrabilité nominale à 25 °C de 20 x 0,1 mm à 220 x 0,1 mm, spécifiées par la pénétrabilité à 25 °C et le point de ramollissement;
- b) Classes définies par une pénétrabilité nominale à 25 °C de 250 x 0,1 mm à 900 x 0,1 mm, spécifiées par la pénétrabilité à 15 °C et la viscosité dynamique à 60 °C;
- c) Classes définies et spécifiées par la viscosité cinématique à 60°C pour les bitumes mous.

Texte 8 Procédés chimiques au cours du raffinage pétrolier

Le raffinage du pétrole est un procédé industriel qui permet de transformer le pétrole brut en différents produits finis tels que l'essence, le fioul lourd ou le naphta. Mélange hétérogène d'hydrocarbures divers (molécules composées d'atomes de carbone et d'hydrogène), le pétrole brut est inutilisable en l'état (il existe plusieurs types de pétrole brut qui se distinguent entre autres par leur viscosité et leur teneur en soufre). Ses composants doivent être séparés afin d'obtenir les produits finaux exploitables directement. On en distingue en général deux grands types:

- les produits énergétiques, tels que l'essence, le diesel (gazole) ou le fioul ;
- les produits non énergétiques, tels que les lubrifiants, le bitume et les naphthas utilisés en pétrochimie.

Le raffinage ne se limite plus aujourd'hui à la séparation des différents hydrocarbures. Des procédés chimiques complexes sont également mis en œuvre afin d'optimiser les produits finaux. Les différentes coupes pétrolières peuvent ainsi subir des transformations, des améliorations et des mélanges pour obtenir des produits commercialisables et répondre notamment aux nouvelles normes environnementales. À son arrivée dans la raffinerie, le pétrole brut est stocké dans de grands réservoirs. Les pétroles bruts sont stockés et séparés selon leur teneur en soufre. Cette teneur en soufre détermine les procédés de raffinage à utiliser. Chaque unité de raffinage abrite un procédé industriel physico-chimique différent. Le raffinage du pétrole s'effectue en trois grandes étapes.

1) **La distillation du pétrole brut en vue d'obtenir les produits intermédiaires.** La distillation du pétrole brut est réalisée en deux étapes complémentaires. Une première distillation, dite atmosphérique (réalisée à pression atmosphérique), permet de séparer les gaz, les essences et le naphtha (coupes légères), le kérosène et le gazole (coupes moyennes) et les coupes lourdes. Les résidus issus de la distillation atmosphérique subissent une deuxième distillation, dite sous vide (colonne dépressurisée), afin de récupérer des produits moyens supplémentaires ayant une valeur commerciale.

- La distillation atmosphérique: l'opération consiste à séparer les différents composants d'un mélange liquide en fonction de leur température d'évaporation. 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. Les différents hydrocarbures contenus dans le pétrole brut sont vaporisés: d'abord les légers, puis les moyens, et enfin une partie des lourds. La température décroît au fur et à mesure que l'on monte

dans la tour, permettant à chaque type d'hydrocarbure de se liquéfier afin d'être récupéré. Les plus légers sont récupérés tout en haut, et les plus lourds restent au fond de la tour (voir le schéma)

- La distillation sous vide: l'opération consiste à séparer, sur le même principe que la distillation atmosphérique, les produits lourds des résidus de produits moyens en les soumettant à une deuxième phase de distillation dite « sous vide ». Une colonne plus petite est fermée puis dépressurisée. Cette chute de pression permet de récupérer plus facilement les produits lourds dont la température d'ébullition est abaissée. Du gazole est récupéré en haut de la colonne et du fioul lourd à sa base. Les résidus de cette distillation sous vide sont récupérés en vue de produire des lubrifiants.

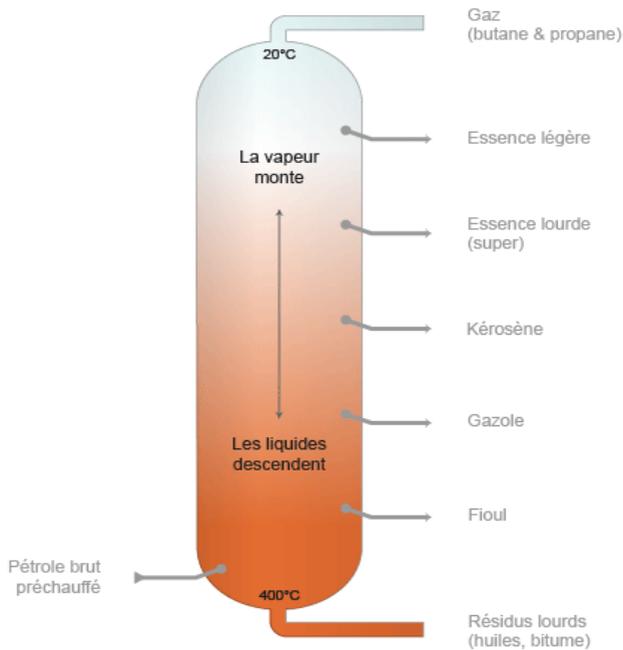


Schéma du principe de fonctionnement d'une tour de distillation de pétrole brut.

2) La transformation et l'amélioration de la qualité des coupes au sein des différentes unités de raffinage

Afin de répondre notamment à la demande importante en produits légers sophistiqués (40% de la demande totale de produits raffinés), les coupes subissent un certain nombre de transformations et d'améliorations qui s'effectuent au sein de plusieurs unités de raffinage. Les raffineries européennes ont dû s'adapter à la croissance de la demande de gazole par rapport à l'essence.

- **Coupes lourdes** (environ 40% du pétrole brut)

Les résidus sous vide sont transformés par viscoréduction ou « visbreaking ». Cette opération s'effectue en phase liquide entre 450°C et 500°C sous une pression comprise entre 5 et 20 bars. Il s'agit d'un craquage thermique. Il permet d'obtenir des bitumes.

Les distillats sont transformés par craquage catalytique. Cette opération s'effectue à haute température (500°C), en présence d'un catalyseur (substance favorisant les réactions chimiques). Ce traitement permet d'obtenir des fiouls lourds.

- **Coupes moyennes** (environ 35% du pétrole brut).

Le gazole léger, le gazole lourd mais aussi une partie des kérosènes sont améliorés par hydrodésulfuration. Cette opération est un traitement à l'hydrogène dont le but est de réduire la teneur en soufre de la coupe gazole. La coupe de kérosène issue d'un brut contenant du soufre est améliorée par hydrotraitement. En présence de l'hydrogène contenu dans l'eau, de l'hydrogène sulfuré se forme et sépare ainsi le soufre de la coupe de kérosène. Il permet d'obtenir du kérosène adouci. Le traitement au Mérox permet, par un procédé à la soude, de rendre inoffensif le soufre des kérosènes peu sulfurés.

- **Coupes légères** (entre 20 et 25% du pétrole brut).

Les essences lourdes sont améliorées par le procédé de craquage catalytique permettant d'obtenir des supercarburants pour automobile (SP95, SP98, etc.). En vue d'obtenir ces mêmes supercarburants, les essences légères sont améliorées par:

- isomérisation, procédé qui consiste à compenser une perte en indice d'octane due à la réduction légale de la teneur en plomb des essences;
- alkylation, procédé inverse du craquage qui conduit à l'augmentation du nombre d'atomes de carbone d'un composé organique.

Le naphta est amélioré par hydrotraitement afin d'en extraire le soufre. Les gaz qu'il contient sont ensuite éliminés dans un «stabilisateur», puis séparés en deux fractions. Le naphta léger est stocké pour servir de mélange à la fabrication de carburants et le naphta lourd permet d'alimenter l'unité de reformage catalytique. La coupe de naphta hydrotraitée peut également être envoyée dans un vapocraqueur si elle est utilisée pour la pétrochimie. Les gaz combustibles vont au four de la raffinerie. Le propane et le butane (GPL, gaz de pétrole liquéfié) ne nécessitent pas de transformation ou d'amélioration particulière.

3) La fabrication des produits

Obtenus à l'aide de doseurs équipés de contrôleurs automatiques, de nouveaux mélanges sont ensuite effectués dans le but d'obtenir des produits finis répondant aux normes environnementales. Pour faire face à cette série d'opérations, les raffineries doivent disposer d'importants volumes de stockage, d'installations de réception des produits bruts et d'expédition des produits finis. Par ailleurs, les raffineries produisent des lubrifiants destinés à améliorer le fonctionnement des moteurs et des machines de l'industrie mais aussi des navires. Ces huiles et graisses sont fabriquées à partir des résidus de la distillation sous vide.

Texte 9

REACH: une réglementation pour les substances chimiques.

REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals Enregistrement) - évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques est un règlement du Parlement européen et du Conseil de l'Union européenne.

Si certains produits dangereux sont réglementés voire interdits, les risques liés à l'usage de nombreux produits chimiques sont encore mal identifiés. Quels sont les principes essentiels de la réglementation REACH mise en place dans l'Union Européenne pour mieux protéger la santé humaine et l'environnement? La production des substances chimiques a connu une ascension fulgurante au cours des 70 dernières années, passant de 1 million de tonnes en 1930 à plus de 400 millions de

tonnes actuellement, la part des substances chimiques dangereuses augmentant dans des proportions équivalentes. Si certains produits dangereux sont réglementés voire interdits, les risques liés à l'usage de nombreux produits chimiques sont encore mal identifiés. Cette connaissance insuffisante de l'incidence de ces substances chimiques sur la santé humaine et sur l'environnement entraîne de vives préoccupations tant du public que des autorités. La réglementation européenne en ce domaine, bien qu'ayant évolué depuis une quarantaine d'années, s'est avérée insuffisante pour évaluer correctement les dangers de l'ensemble des substances mises sur le marché et les risques associés à leurs usages. C'est pour répondre à un objectif de meilleure prévention vis-à-vis du risque chimique que la Commission européenne a décidé dès 2001 de mettre en place une nouvelle politique chimique, concrétisée par l'adoption en décembre 2006 du règlement REACH. REACH a donc pour ambition deux objectifs principaux: assurer un haut niveau de protection pour la santé humaine ainsi que l'environnement et renforcer la position concurrentielle de l'industrie chimique européenne. Pour cela, il établit un système intégré d'enregistrement, d'évaluation et d'autorisation des substances chimiques ainsi que de restrictions applicables à ces substances. Avec REACH, l'innocuité d'une substance devra être prouvée par l'industriel, faute de quoi la production, la mise sur le marché et la transformation dans l'Union européenne devront cesser.

REACH a introduit une nouvelle ère dans la politique sur les substances chimiques en Europe. Il constitue une véritable refonte du système réglementaire européen en remplaçant près d'une quarantaine de directives existantes. Il s'applique aux fabricants et importateurs, mais aussi aux utilisateurs en aval de substances chimiques, telles qu'elles ou contenues dans des articles ou des préparations. Il permet d'augmenter les connaissances des propriétés dangereuses des produits chimiques pour une gestion efficace des risques liés à l'utilisation de ces produits tout en promouvant l'utilisation de méthodes alternatives non réalisées sur animaux pour l'évaluation des dangers des substances. Il prévoit le renforcement de la communication et de la mise en œuvre des conditions d'utilisation tout le long des chaînes d'approvisionnement du producteur/importateur à l'utilisateur final. Il tend également à la

substitution progressive dans l'Union européenne des substances chimiques les plus dangereuses, en particulier les substances très préoccupantes comme les cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR).

Parmi les dispositions importantes prévues dans le règlement REACH figure par ailleurs la création d'une Agence européenne des produits chimiques (ou ECHA pour European Chemical Agency), basée à Helsinki, dont le rôle est d'assurer la mise en œuvre, la gestion et la coordination administrative, scientifique et technique du système. Les éléments essentiels de ce règlement sont:

- l'obligation par les producteurs/importateurs de fournir des données sur les propriétés mais aussi sur les usages et les risques des substances qu'ils produisent ou importent à plus de 1 t/an: "Pas de données, pas de marché". Ces dispositions doivent permettre de résorber "la charge héritée du passé" par étapes successives pour acquérir les connaissances adéquates sur toutes les substances chimiques;
- le renversement de la charge de la preuve; dorénavant, c'est aux producteurs des substances de prouver que les risques liés aux substances qu'ils produisent sont valablement maîtrisés, et non plus aux autorités publiques. Il incombe aux fabricants, importateurs et utilisateurs en aval de veiller de fabriquer, mettre sur le marché ou utiliser des substances qui n'ont pas d'effets nocifs pour la santé humaine ou l'environnement. Ses dispositions reposent sur le principe de précaution. Ils doivent donc assurer une gestion responsable des risques et informer la chaîne de leurs utilisateurs en aval. Seules les substances les plus préoccupantes seront traitées par les autorités;
- la réduction ou la non-utilisation des essais sur animaux en obligeant les déclarants à partager les données dont ils disposent pour une même substance, en favorisant les méthodes in vitro et en évaluant au cas par cas les demandes d'essais sur animaux;

- la mise en place d'un système unique d'évaluation des substances existantes et nouvelles;
- la création d'un nouvel outil de gestion des risques qui est la procédure d'autorisation pour les substances extrêmement préoccupantes pour inciter à la substitution de celles-ci;
- la reprise de la procédure précédente de la directive "Limitations" sous une forme légèrement différente pour gérer les risques non couverts par ailleurs.

L'ensemble de ces dispositions étant inscrit dans un règlement, c'est une réelle harmonisation de la politique chimique européenne qui se met en place, car ce dispositif évite les délais d'application et les différences de transpositions dans les droits nationaux. Les sanctions et dispositifs de contrôle seront toutefois régis par des textes nationaux.

Annexe
Unités de mesure

I. Unités géométriques

Mesure	Unité	Symbole
Longueur	Mètre	m
	Centimètre 1 m/100	cm
	Millimètre 1 m/1000	mm
	Micromètre	um
	Nanomètre	nm
	Picomètre	pm
Superficie	Mètre carré	m ²
	Hectare 10 ⁴ m ²	ha
Volume	Mètre cube	m ³
	Litre	l
Angle plan	Degré	o
	Radian	rad
	Tour	tr
Angle solide	Stéradian	sr

II. Unités électriques

Mesure	Unité	Symbole
Intensité de courant électrique	Ampère	A
Intensité de champ électrique	Volt par mètre	V/m
Tension	Volt	V
Puissance	Watt	W
Charge électrique	Coulomb	C
Résistance électrique	Ohm	Ω

III. Unités thermiques

Mesure	Unité	Symbole
Température	Kelvin	K
Température Celsius	Degré Celsius	°C
Capacité thermique	Joule par Kelvin	J/K
Conductivité thermique	Watt par mètre Kelvin	W/(m.K)

IV. Unités mécaniques

Mesure	Unité	Symbole
Vitesse	Mètre par seconde	m/s
	Kilomètre par heure	Km/h
	Radian par seconde	Rad/s
Vitesse angulaire	Tour par seconde	Tr/s
	Tour par minute	Tr/min
Accélération	Mètre par seconde carrée	m/s ²
Accélération angulaire	Gai	Gai
Force	Radian par seconde carrée	Rad/s ²
Moment d'une force	Newton	N
Tension capillaire	Newton-mètre	N.m
Énergie, travail,	Newton par mètre	N/m
Quantité de chaleur	Joule	J

V. Unités optiques

Mesure Unité		Symbole
Intensité lumineuse	Candela	cd
Flux lumineux	Lumen	Im
Éclairement lumineux	Lux	Ix
Luminance lumineuse	Candela par mètre carré	Cd/m ²
Eclairement énergétique	Watt par mètre carré	w/ m ²

VI. Unité de mesure acoustique

Mesure	Unité	Symbole
Volume sonore ou intensité du son	Décibel	dB

VII. Unités de temps

Mesure	Unité	Symbole
Durée	Jour	J
	Heure	H
	Minute	Min
	Seconde	S
Fréquence	Hertz	Hz
Ultra haute fréquence 300 MHz à 3 GHz	Mégahertz /Gigahertz	MHz/GHz
Super haute fréquence 3 GHz à 30 GHz	Gigahertz	GHz

Extrêmement haute fréquence > 30 GHz	Gigahertz	GHz
---	-----------	-----

VUE. Unités de masse

Mesure	Unité	Symbole
Masses	Kilogramme	kg
	Tonne	t
	Gramme	g
	Unité de masse atomique	u
Masse surfacique	Kilogramme par mètre	kg/m
	Kilogramme par mètre carré	kg/m ²
Masse volumique (concentration)	Kilogramme par mètre cube	kg/m ³
Volume massique	Mètre cube par kilogramme	m ³ /Kg

IX. Unités d'activité radio nucléaire

Mesure	Unité	Symbole
Faible radioactivité	Becquerel	Bq
Grandes valeurs	Curie	C
L'énergie	Gray	Gy
L'effet	Sievert	Sv

X. Unités de quantité de matière

Mesure	Unité	Symbole
Quantité de matière	La mole	Mol

BIBLIOGRAPHIE

1. Michel Boularès, Jean-Louis Frérot Grammaire progressive du Français/ CLE International 2009.
2. www.apce.com
3. www.cnrs.fr
4. www.palais-decouverte.fr
5. www.cite-sciences.fr
6. www.larecherche.fr
7. www.culturesciences.chimie.ens.fr
8. www.lactualitechimique.org
9. www.societechimiquedefrance.fr
10. www.cemes.fr
11. www.techniques-ingenieur.fr
12. www.connaissancedesenergies.org

Оглавление

Introduction au mot «Génie»	5
Texte 1	7
A. La recherche en pétrochimie appliqué à l'industrie pharmaceutique	7
B. Les géochimistes ont testé les proportions de tungstène qui suit les métaux nobles dans leur migration	9
Texte 2 Les propriétés physicochimiques de l'oxygène	11
Texte 3 L'eau pure nettoie mieux que la lessive	18
Texte 4 Recycler le CO ₂	22
Texte 5 Comment se débarrasser des boues d'épuration	26
Texte 6 La naissance des cristaux liquides	31
Les textes supplémentaires	37
Texte 7 Le bitume est une substance à forte valeur ajoutée technologique	37
Texte 8 Procédés chimiques au cours du raffinage pétrolier	41
Texte 9 REACH: une réglementation pour les substances chimiques.	46
Annexe	50
Unités de mesure	50
BIBLIOGRAPHIE	55

ДЕЛОВОЙ ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК
ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 18.04.01*

FRANÇAIS SUR OBJECTIFS SPÉCIFIQUES
GÉNIE CHIMIQUE

Сост. *Е.О. Никифоровская*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
иностраннных языков

Ответственный за выпуск *Е.О. Никифоровская*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 26.06.2019. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 3,2. Усл.кр.-отт. 3,2. Уч.-изд.л. 2,8. Тираж 50 экз. Заказ 601. С 214.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2