Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Définir une onde progressive.	• Savoir qu'une onde progressive est la propagation, de proche en proche, de la perturbation d'une grandeur physique.
Exploiter le relation entre retard et célérité.	• Savoir que le retard τ avec lequel une onde de célérité v atteint un deuxième point éloigné de la distance d d'un premier est donné par la relation $$\tau = \frac{d}{v}$$
Déterminer les caractéristiques d'une onde progressive périodique.	• Utiliser la double périodicité d'une telle onde pour déterminer, à partir de documents expérimentaux, la période spatiale et la période temporelle. • Savoir que pour une onde progressive sinusoïdale, on parle de longueur d'onde et de période.
Définir pour une onde progressive sinusoïdale période, fréquence et longueur d'onde.	• Savoir que la période est la durée d'une oscillation en un point donné. • Savoir que la fréquence est le nombre d'oscillations par unité de temps en un point donné. • Savoir que la fréquence est l'inverse de la période. • Savoir que la longueur d'onde est la distance minimale séparant, le long de la direction de propagation, deux points se trouvant à tout instant dans le même état d'oscillation.

Situations	**Réflexes**
Calculer la célérité v d'une onde progressive sinuisoïdale.	• Savoir que la célérité v d'une onde progressive sinusoïdale est liée à la longueur d'onde λ et la période T par la relation $$\lambda = v \times T$$
Exploiter la relation entre niveau sonore et intensité sonore.	• Savoir que le niveau sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation $$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$
Exploiter l'analyse spectrale d'un son musical.	• Savoir que la hauteur d'un son est liée à la fréquence fondamentale de ce son. • Savoir que le timbre d'un son est lié à la présence et à l'amplitude des harmoniques.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Savoir si le phénomène de diffraction doit être pris en compte.	• Comparer la dimension de l'objet diffractant et la longueur d'onde.
Déterminer la dimension de l'objet diffractant.	• Utiliser la relation $$\theta = \frac{\lambda}{a}$$
Donner les conditions d'obtention des interférences.	• Les deux sources qui créent des ondes doivent posséder la même fréquence. • Dans le cas des interférences lumineuses, on utilise un dispositif de division du front d'onde : création de deux sources secondaires à partir d'une source unique.
Savoir si les interférences en un point M sont constructives ou destructives.	• Calculer la différence de marche δ au point M. • Déterminer si δ est un multiple entier ou demi-entier de la longueur d'onde.
Déterminer la distance entre deux franges consécutives de même nature sur une figure d'interférences.	• Calculer l'interfrange.
Exploiter l'analyse spectrale d'un son musical.	• Savoir que les figures d'interférences propres à chaque longueur d'onde se superposent. • Savoir que la frange centrale est blanche. • Savoir que de part et d'autre de la frange centrale existent des franges irisées puis un champ blanc.

Situations	**Réflexes**
Déterminer par effet Doppler la vitesse radiale d'un objet par rapport à un observateur.	Utiliser les relations : • si l'objet se rapproche de l'observateur $$f_{obs} = \frac{f_{obj}}{1 - \frac{v_{obj}}{c}}$$ • si l'objet s'éloigne de l'observateur $$f_{obs} = \frac{f_{obj}}{1 + \frac{v_{obj}}{c}}$$
Exploiter le spectre d'émission d'un étoile pour déterminer sa vitesse radiale.	• Déterminer le décalage en longueur d'onde d'une raie d'émission du spectre. • Utiliser la relation $$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

Fiche de révision

Situations	Réflexes
Nommer un aldéhyde, alcool, alcène, cétone, acide carboxylique, amine, amide.	• Toujours commencer par le nom de l'alcane possédant la même chaîne carbonée.
Nommer un ester.	• Utiliser les règles propres aux esters. Elles sont différentes des précédentes.
Analyser un spectre UV-visible.	• Déterminer la longueur d'onde λ_{max} du maximum du pic d'absorption et en déduire la couleur des radiations absorbées. • La couleur de l'échantillon analysé est la couleur complémentaire de la précédente.
Analyser un spectre IR.	• Comparer le nombre d'onde de certains pics caractéristiques aux valeurs données par les tables afin d'identifier les liaisons précédentes dans la molécule.
Analyser un spectre RMN du proton.	• Comparer les déplacements des pics présents aux valeurs données par les tables afin d'identifier les groupes possédant des atomes d'hydrogène présents dans la molécule.
Utiliser la présence de multiplets dans un spectre RMN du proton.	• Savoir que les (n+1) pics d'un multiplet indiquent la présence de n atomes d'hydrogène voisins du groupe associé au multiplet.
Utiliser une courbe d'intégration sur un spectre RMN du proton.	• Savoir que les hauteurs des paliers de la courbe sont proportionnelles au nombre d'atomes d'hydrogène responsables du pic ou multiplet correspondant.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Obtenir les coordonnées du vecteur vitesse d'un point mobile.	• Dériver par rapport au temps les coordonnées du vecteur position du point mobile.
Obtenir les coordonnées du vecteur accélération d'un point mobile.	• Dériver par rapport au temps les coordonnées du vecteur vitesse du point mobile.
Déterminer la valeur d'une vitesse en point $M_{n)}$ d'un enregistrement et tracer le vecteur vitesse.	• Déterminer la distance séparant le point M_{n-1} du point M_{n+1} et diviser par 2 Δt • Choisir une échelle des vitesses judicieuses pour tracer le vecteur.
Etudier le mouvement d'un point ayant une trajectoire circulaire.	• Se placer dans le repère de Frenet et utiliser la relation : $\overrightarrow{a} = \frac{dv}{dt}\overrightarrow{t} + \frac{v^2}{R}\overrightarrow{n}$
Donner les caractéristiques d'un vecteur vitesse ou accélération.	• Ne pas oublier qu'un vecteur a pour caractéristiques : sa direction, sons sens et sa norme.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Enoncer la première loi ou la deuxième loi de Newton.	• Commencer par l'énoncé : "Dans un référentiel galiléen". • Enoncer la loi à l'aide d'une phrase et pas uniquement une formule.
Appliquer le première ou la deuxième loi de Newton.	• Définir le système. • Choisir le référentiel d'étude. • Effectuer un bilan précis et rigoureux des forces extérieures qui s'appliquent au système. • Citer le loi de Newton utilisée.
Etablir les équations horaires du mouvement dans un champ de pesanteur uniforme.	• Savoir qu'un solide en chute libre n'est soumis qu'à son poids. • Appliquer la deuxième loi de Newton pour obtenir les coordonnées du vecteur accélération. • Utiliser les conditions initiales pour déterminer les constantes d'intégration.
Etablir l'équation d'une trajectoire.	• Eliminer le paramètre temps dans les équations horaires du mouvement.
Utiliser la conservation de la quantité de mouvement pour un système pseudo-isolé.	• Vérifier que le système est pseudo-isolé. • Ecrire l'expression vectorielle de la quantité de mouvement durant la première phase puis durant la deuxième phase. • Ecrire l'égalité entre les deux quantités de mouvement. • Projeter l'égalité vectorielle sur un axe.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Etablir l'expression du vecteur accélération pour un satellite ou une planète.	• Ecrire la loi de gravitation sous sa forme vectorielle. • Appliquer la deuxième loi de Newton dans le référentiel galiléen adapté.
Etablir l'expression de la vitesse pour un satellite ou une planète en mouvement circulaire.	• Identifier l'expression du vecteur accélération obtenue précédemment et celle générale applicable dans le repère de Frenet. • En déduire que le mouvement circulaire est uniforme puis l'expression de la vitesse en fonction du rayon de la trajectoire. • Citer le loi de Newton utilisée.
Retrouver la troisième loi de Kepler dans ce cas.	• Utiliser l'expression de la vitesse pour obtenir celle de la période de révolution en fonction du rayon de la trajectoire. • En déduire que $$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM_S}{4\pi^2}$$ • Vérifier que cette expression est une constante pour toutes les panètes.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Exprimer la travail du poids dans un champ de pesanteur uniforme.	• Utiliser la relation $$W_{AB}(\overrightarrow{P}) = mg(z_A - z_B)$$
Exprimer le travail d'une force électrique dans un champ électrique uniforme.	• Utiliser la relation $$W_{AB}(\overrightarrow{F}) = qE(x_A - x_B)$$
Exprimer le travail d'une force exercée par un ressort.	• Utiliser la relation $$W_{AB}(\overrightarrow{f}) = \frac{1}{2}k(x_A^2 - x_B^2)$$
Exprimer le travail d'une force de frottement d'intensité constante.	• Utiliser la relation $$W_{AB}(\overrightarrow{f}) = -f.AB$$
Exprimer l'expression de l'énergie potentielle associée à une force conservative.	• Utiliser la relation $$W_{AB}(\overrightarrow{f}) = E_{pA} - E_{pB}$$
Exprimer l'énergie mécanique d'un solide.	• Ajouter l'énergie cinétique du solide et les énergies potentielles associées aux forces conservatives qui s'appliquent à ce solide.
Savoir si l'énergie mécanique se conserve ou pas.	• L'énergie mécanique se conserve si les forces appliquées au solide qui travaillent sont conservatives. L'énergie mécanique ne se conserve pas si une force non conservative (une force de frottement par exemple) travaille.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Définir la durée propre entre deux événements.	• Elle ne peut être définie que dans un référentiel galiléen où les deux événements ont lieu au même endroit de l'espace.
Utiliser la relation liant la durée propre et la durée mesurée.	• Bien repérer quelle est la durée propre puis appliquer simplement $$\Delta t = \frac{\Delta\tau}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Savoir reconnaître une réaction d'oxydoréduction.	• Vérifier qu'il y a échange d'un ou plusieurs électrons entre deux réactifs : l'oxydant qui capte les électrons et le réducteur qui cède les électrons.
Montrer l'influence des facteurs cinétiques sur la vitesse d'une réaction.	• Vérifier à partir de résultats expérimentaux que la réaction est d'autant plus rapide que la température augmente ou que la concentration des réactifs augmente.
Représenter les variations en fonction du temps de l'avancement d'une réaction par spectrophotomètrie.	• Suivre l'évolution temporelle de l'absorbance A. • Etablir la relation liant A à l'avancement x. • Tracer la courbe représentant les variations de x en fonction du temps.
Déterminer un temps de demi-réaction.	• Déterminer la valeur finale de l'avancement. • Chercher la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne la moitié de cette valeur finale.
Donner les caractéristiques de la catalyse.	• Savoir que la catalyse peut être hétérogène ou homogène. • Connaître l'existence d'un cas particulier de catalyse homogène : la catalyse enzymatique. • Savoir qu'un catalyseur peut être sélectif lorsque plusieurs réactions sont susceptibles d'avoir lieu.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Reconnaître un atome de carbone asymétrique.	• Vérifier que les quatre atomes ou groupements liés à l'atome de carbone sont tous différents.
Reconnaître une molécule chirale.	• Utiliser la représentation de Cram, vérifier que la molécule n'est pas superposable à son image donnée par un miroir.
Reconnaître deux énantiomères.	• Vérifier que les deux isomères sont des molécules chirales et ne sont pas image l'une de l'autre dans un miroir.
Attribuer des priorités aux atomes ou aux groupements portés par un carbone asymétrique.	• Plus l'atome possède un numéro atomique élevé, plus il est prioritaire. En cas d'atomes identiques au premier niveau, on passe au deuxième niveau.
Nommer les configurations R et S pour un carbone asymétrique.	• Attribuer les priorités aux groupements portés par l'atome de carbone. • Regarder la molécule dans l'axe de la liaison *C-atome de priorité 4. • Repérer le sens de rotation pour passer de la priorité 1 à la 2 puis la 3.
Nommer une configuration Z ou E pour une molécule possédant une double liaison C=C.	• Vérifier que chaque atome de carbone de la double liaison possède deux priorités aux groupements portés. • Pour chacun de ces atomes de carbone, attribuer les priorités aux groupements portés. • Repérer si les deux groupements de priorité 1 sont du même côté ou de part et d'autre de la double liaison.

Situations	**Réflexes**
Distinguer deux isomères de configuration et deux isomères de conformation d'une molécule.	• Pour passer d'un isomère de configuration à un autre, il est nécessaire re rompre des liaisons covalentes. • Pour passer d'un isomères de conformation à un autre, il suffit d'utiliser la libre rotation autour d'une liaison simple.
Repérer l'isomère de conformation la plus stable.	• La conformation la plus stable est la conformation décalée pour laquelle les groupements les plus volumineux sont les plus éloignés possibles.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Déterminer la catégorie d'une réaction.	• Pour une réaction d'addition, il y a disparition d'une liaison double . • Pour une réaction d'élimination, il y a création d'une liaison double. • Pour une réaction de substitution, un atome (ou groupement) est remplacé par un autre, il n'y a pas disparition ou création d'une liaison double.
Déterminer la polarisation d'une éventuelle liaison.	• Repérer si une liaison relie deux atomes d'électronégativité différentes.
Identifier un site donneur de doublet d'électrons	• Il s'agit d'un atome participant à une liaison polarisée lié à un atome plus électronégatif que lui ou portant la charge + d'un cation.
Relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur d'électrons.	• La flèche courbe doit avoir pour origine le doublet liant ou non liant qui change de place. La flèche est dessinée sur les réactifs.

Fiche de révision

Situations	Réflexes
Savoir reconnaître une réaction acido-basique.	• Vérifier qu'il y a échange d'un ion H^+ entre deux réactifs : la base qui capte l'ion H^+ et l'acide qui cède H^+.
Calculer le pH d'une solution aqueuse diluée.	• Utiliser la relation $$\mathrm{pH} = -\log \frac{[H_3O^+]}{C_0}$$
Déterminer la concentration $[H_3O^+]$ et $[HO^-]$ à partir de la donnée du pH d'une solution aqueuse.	• Utiliser la relation $$[H_3O^+] = 10^{-\mathrm{pH}}$$ • Utiliser la relation $$K_e = [H_3O^+][HO^-]$$ applicable à toutes les solutions aqueuses.
Déterminer la valeur de l'avancement x_f d'une réaction à partir d'une mesure de pH.	• Déduire de la mesure du pH la valeur de $[H_3O^+]_f$ puis celle de la quantité de matière finale en ions H_3O^+. • Relier cette quantité de matière finale x_f à l'aide d'un tableau d'avancement.
Déterminer la valeur du taux d'avancement τ d'une réaction.	• Déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max} à l'aide d'un tableau d'avancement théorique. • Effectuer le rapport de l'avancement final x_f par l'avancement final x_f par l'avancement maximal x_{max}.
Exprimer la constante d'acidité d'un couple acide/base.	• Utiliser la relation $$pH = pK_a + \log \frac{[base]}{[acide]}$$ faisant intervenir les concentrations molaires à l'équilibre.

Situations	**Réflexes**
Comparer le comportement d'acides (ou de bases) de même concentration en solution aqueuse.	• Comparer les valeurs des constantes d'acidité des couples acide/base : plus la valeur du K_a est élevée (ou celle du pK_a faible), plus le taux d'avancement final de la réaction entre l'acide et l'eau est grand, plus le taux d'avancement final de la réaction entre la base et l'eau est petit.
Indiquer l'espèce prédominante d'un couple acide/base connaissant le pH de la solution et le pK_a du couple.	• Comparer le pH de la solution aqueuse et le pK_a du couple acide/base. • Indiquer que la forme acide prédomine pour $pH < pK_a$. • Indiquer que la forme basique prédomine pour $pH > pK_a$.
Définir une solution tampon.	• Une solution tampon est une solution dont le pH ne varie pas ou peu par ajout modéré d'acide, par ajout modéré de base, par dilution.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Connaître l'origine de l'énergie interne.	• Savoir que l'énergie interne d'u système résulte de contributions microscopiques.
Exprimer l'énergie interne en fonction de la variation de température pour un liquide ou d'un solide.	• Utiliser la relation $$\Delta U = C\Delta T$$ où C est la capacité thermique du corps et $\Delta T = T_f - T_i$ la variation de température. Pour un corps pur, la capacité thermique peut s'écrire $C = mc$ où m est la masse du corps et c la capacité thermique massique.
Interpréter le transfert thermique par rayonnement.	• Tout corps, du fait de sa température, rayonne : il émet des ondes électromagnétiques qui transportent de l'énergie. • Ce mode de transfert thermique est le seul qui peut se propager dans le vide.
Interpréter le transfert thermique par conduction.	• A l'échelle microscopique, la conduction s'explique par la propagation, de proche en proche, de l'agitation des atomes ou des molécules à cause des chocs. • La conduction ne se traduit pas par un mouvement d'ensemble de la matière.
Interpréter le transfert thermique par convection.	• La convection s'explique par la variation de la masse volumique de la matière en fonction de la température. • La convection se traduit par un mouvement d'ensemble de la matière fluide.

Situations	**Réflexes**
Calculer la résistance thermique par conduction pour une paroi plane composée de plusieurs couches.	• La résistance thermique par conduction d'une paroi plane est : $$R = \frac{e}{\lambda S}$$ • Pour une paroi plane constituée de plusieurs couches de matériaux différents, la résistance thermique totale de la paroi est égale à la somme des résistances thermiques de chaque couche.
Calculer le flux thermique par conduction pour une paroi plane.	• Pour une paroi plane, le flux thermique échangé par conduction s'écrit : $$\Phi = \frac{\lambda S(\theta_f - \theta_i)}{\lambda S}$$ où S est la surface de la paroi, e l'épaisseur de la paroi, λ la conductivité thermique du matériau, θ_1 la température de la face chaude et θ_2 celle de la source froide.
Effectuer un bilan d'énergie.	• Savoir que la variation d'énergie interne d'un système peut être due à un transfert thermique ou à un travail. Suivant que le transfert thermique ou le travail est reçu ou perdu par le système, il y a augmentation ou diminution de l'énergie interne.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Expliquer la condition pour obtenir une émission stimulée.	• Savoir que l'émission simulée est en concurrence avec l'absorption. Savoir que l'émission stimulée ne peut avoir lieu que s'il y a inversion de la population entre le niveau d'énergie bas et le niveau d'énergie haut.
Expliquer la condition pour obtenir l'amplification de l'onde lumineuse.	• Savoir que l'émission stimulée est favorisée par un confinement de l'onde dans une cavité résonante.
Donner les caractéristiques des photons émis par émission stimulée.	• Savoir que le photon émis par émission stimulée possède les mêmes caractéristiques (direction et énergie).
Citer les principales propriétés du laser.	• Savoir que le rayonnement laser est directif, monochromatique et possède une forte concentration d'énergie dans l'espace (faible surface du faisceau) et dans le temps (pour un laser à impulsions). où ν est la fréquence de l'onde lumineuse.
Enoncer les deux aspects de la lumière.	• Savoir que la lumière présente un aspect ondulatoire et un aspect particulaire. • Savoir qu'un photon transporte l'énergie $h\nu$ où ν est la fréquence de l'onde lumineuse.
Enoncer les deux aspects de la matière.	• Savoir que le matière présente un aspect ondulatoire et un aspect particulaire. • Savoir que la longueur d'onde de matière associée à une particule est $$\lambda = \frac{h}{p}$$ où $p = mv$ est la quantité de mouvement de la particule.

Situations	**Réflexes**
Identifier des situations où le caractère ondulatoire de la matière doit être pris en compte.	• Savoir que les longueurs d'onde des ondes de matière associées aux électrons ont des valeurs comparables ou inférieures aux distances interatomiques dans ls cristaux (phénomène de diffraction en microscopie électronique). Savoir qu'il est possible d'obtenir une figure d'interférences avec des électrons ou des atomes (dispositif des fentes d'Young)
Tirer la principale conclusion d'une expérience d'interférences.	• Ce type d'expérience montre l'aspect probabiliste de la mécanique quantique.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Exploiter un dosage par étalonnage.	• Tracer le droite d'étalonnage obtenue par une succession de mesures effectuées sur des solutions étalons. • Reporter en ordonnée la mesure concernant la solution de concentration inconnue.
Donner les caractéristiques d'une réaction de titrage.	• Savoir qu'une réaction de titrage doit être très rapide et totale.
Exploiter un titrage pour déterminer la quantité de matière de l'espèce A.	• Ecrire la relation entre les quantités de matière à l'équivalence pour obtenir directement la quantité de matière de A.
Déterminer le point d'équivalence d'un titrage pH-métrique.	• Tracer la courbe pH = $f(V)$ où V est le volume de solution titrante versée. • Déterminer l'abscisse du point d'intersection des deux droites ainsi tracées.
Déterminer le volume de solution titrante versée à l'équivalence lors d'un titrage conductimétrique.	• Tracer la courbe $\sigma = f(V)$ où V est le volume de solution titrante versée. • Déterminer l'abscisse du point d'intersection des deux droites ainsi tracées.
Interpréter le changement de pente lors d'un titrage conductimétrique.	• Faire le bilan des ions présents dans la solution avant l'équivalence et après l'équivalence. • Utiliser la relation liant la conductivité σ de la solution à la concentration des ions présents $\sum_i = \Sigma\lambda_i \left[X_i\right]$

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Déterminer le rendement d'une réaction de synthèse.	• Déterminer la quantité de matière de produit obtenue expérimentalement et la quantité de matière qu'on obtiendrait théoriquement si la réaction était totale. • Effectuer le rapport des deux quantités.
Enoncer les consignes de sécurité à respecter.	• Utiliser les données concernant chaque réactif : inflammabilité, nocivité, toxicité. • Utiliser les données concernant le mélange des réactifs (réaction exothermique, risques de projections).
Justifier le choix des paramètres expérimentaux.	• Bien différencier les paramètres dont le rôle est d'accélérer la réaction et ceux dont le rôle est d'augmenter le taux d'avancement final de la réaction.
Justifier les techniques utilisées.	• Bien différencier la technique de synthèse du produit brut, celle de la purification et celle de l'analyse.
Justifier l'utilisation d'un réactif chimioosélectif.	• Permet de ne faire réagir qu'une seule fonction dans le cas d'un réactif polyfonctionnel.
Justifier la protection et l'activation de fonction dans une synthèse peptidique.	• Evite d'obtenir un mélange de peptides c'est-à-dire de privilégier la synthèse d'un seul peptide.

Fiche de révision

Situations	**Réflexes**
Connaître la signification d'un nombre binaire.	• Savoir qu'un nombre binaire exprime une somme de puissances successives de 2.
Comprendre la structure d'une image numérique.	• Savoir qu'une image numérique est formée de pixels.
Comprendre le codage d'une image numérique.	• Savoir qu'à chaque pixel est associé un nombre binaire.
Comprendre l'échantillonnage d'un signal analogique.	• Savoir que l'échantillonnage consiste à capturer la valeur prise par le signal analogique à intervalles de temps réguliers.
Comprendre la numérisation d'un signal échantillonné .	• Savoir que la numérisation consiste à attribuer des nombres binaires aux valeurs capturées lors de l'échantillonnage.
Comprendre l'importance du chois des valeurs de la fréquence d'échantillonnage et du quantum du CAN.	• Savoir que le signal numérique correspondra avec précision au signal analogique si : — la fréquence d'échantillonnage — le quantum de CAN est petit.

Situations	**Réflexes**
Comprendre la notion de débit binaire d'une transmission.	• Savoir que pour une transmission numérique, le débit binaire est la quantité de bits transmise par unité de temps.
Comprendre la notion d'atténuation lors d'une transmission.	• Savoir que l'affaiblissement du signal est donné par l'expression du coefficient d'atténuation (en dB/km) : $$A = \frac{10}{d} \log \frac{P_1}{P_2}$$
Comprendre le principe de la lecture optique.	• Savoir que la lecture optique est basée sur le phénomène d'interférences.
Relier la capacité de stockage et son évolution au phénomène de diffraction.	• Savoir que le phénomène de diffraction limite la capacité de stockage sur un disque optique. • Savoir que l'augmentation de la capacité de stockage des disques optiques au fil du temps est due à l'utilisation de faisceaux laser de longueur d'onde de plus en plus petite.