



Transcriptions vidéos CM en notes de cours.

Cours de contrôle moteur UE 23

Licence 1 STAPS, second semestre 2020-2021

CM et TD Resp. Julien Lagarde

**Avvertissements :** Ces transcriptions sont faites automatiquement par un logiciel de reconnaissance vocale, de nombreuses erreurs de langue, syntaxe, et orthographe sont présentes. Des erreurs notables sur les noms propres, par exemple Fitts est mal identifié (fit, ou fixe ou autre 😊).

## CM 1

Ce cours forme un tout avec les CM de Ludovic Marin au premier semestre vous avez eu des cours au deuxième semestre avec Didier Delignières et tout ça forme le alors d'ailleurs lieu s'appelle par 20 j'ai fait une erreur c'est le 23 et donc j'ai changé la date et j'ai rajouté quelques quelques diapos on va voir donc ça tombe bien on a vu la rugosité en bioméca juste avant trois [Rires] oui on n'hésitait pas à demander du tutorat j'en profite au passage vous avez vous connaissez la démarche vous allez sur le site de l'ufr staps de montpellier le site universitaire vous allez dans la rubrique vie étudiante et vous choisissez tutorat vous avez une page dédiée ou tu te rends et en bas de la page vous avez un lien vous cliquez vous pouvez vous inscrire pour faire une demande de plus tôt rang et ça tombe bien parce que c'est moi qui supervise le tutorat l'uefa ce temps là pour vous aider éventuellement biomécanique par exemple mais bon c'est pas juste pour info alors le contrôle moteur moi je les ai mis un sous titre puisque ça va être le fil directeur de mots courts je vais parler de la coordination des mouvements qui est une façon d'aborder le contrôle août alors il ya quelques images je peux peut-être me mettre en plein écran sais pas si c'est vraiment au mieux ou avoir un écran avec zhu parfois l'écran oui oui alors ici au fait part fait très bien donc je vais vous donner quelques éléments de contexte et puis ensuite on va démarrer donc ici vous voyez à quelques images en bas à droite vous avez un cavalier avec un cheval on reparlera plus loin dans ce court en haut vous avez été pour appeler parfois 1 kg une série de photos une séries temporelles de photos les photos sont prises des unes après les autres mais quelqu'un qui est en train de faire un salto arrière c'est ces photos sont assez ancien ici vous avez une personne qui était en train de faire mouvement simple un pas et on devine un mouvement donne au moins donne des deux bras et cette fois ci les images sont successivement c'est pas les images du corps mais c'est des images de modèle du corps on reconnaît le pied qui se déplacent ça c'est la partie basse de la jambe entre la cheville et le genou au tibia péroné si vous préférez et ensuite ici vous avez la partie haute et de l'agent donc entre la hanche et le genou ou l'humérus il préférerait donc pendant le film sur le fémur brisé vous quelle bêtise donc les images successives et puis on a la même chose avec nos plumes et russe à du cubitus et

probablement le poignet quelque part et ses différentes images qui se déplace beaucoup il ya pas la tête et tout ça dans un cadre l'itie donc ce sont des images successives ici en bar le menu mots qui me gêne un peu ok en bas à gauche vous avez aussi des images à essentielle d'images successives des photos successives d'un an ici c'est quelqu'un qui fait un saut à pieds joints vers l'avant au dessus quelqu'un qui est en train de courir et puis le milieu quelqu'un dont la main posée sur la table et va se déplacer pour saisir un objet ici c'est juste une espèce de boîte d'allumettes blanche par ali ted et vous avez les images et successives et à la fin gars sont un peu flous ces images qui ont été prises par une caméra qui n'avait pas beaucoup d'images par seconde donc à la fin c'est un peu flou comme ces images que vous avez peut-être déjà vu de quelqu'un qui fait un service en tennis ou encore au tennis ou en ping pong pour la boxe ou alors un swing très rapide en golf ainsi la caméra n'est pas assez rapide et bien la fin des images sont un peu fous donc tout ça ce sont des images de mouvements statique pour le cavalier ou le cheval ou des séries d'image qui donne un peu une impression de temporalité de dynamique de discours temporel ce sont des images de mouvement ce sont des images de coordination de mouvements et on va parler de ça et le contrôle moteur parle en partie de ça alors mon objectif de cours ici c'est de découvrir ce que j'ai appris on va voir la définition charger du corps des variantes du mouvement on va apprendre à reconnaître des formes de mouvements et on va apprendre un petit peu à classer des mouvements et à décrire des mouvements donc c'est un programme qui est assez ambitieux on va l'aborder pendant ce semestre je crois que j'ai six courts ainsi qu'aux magistraux le mardi essentiellement mardi après midi mais certaines il ya un créneau entre midi et deux je crois ou 13h 15h quelque chose comme ça il me semble donc on va juste à bord d'un peu ce programme alors je vais démarrer tout de suite en définissant des glisser un petit peu ce que j'entends les invariants du mouvement et pourquoi j'ai fait ça bon il ya toute une littérature vous avez vu entre le cours de vie de marin élu au cours de 10 de ligneurs ont commencé à avoir une idée de la littérature c'est à dire des travaux scientifiques eux disponibles qui ont abordé ce qu'on appelle contrôle moteur vous avez un menu une petite idée de qui commence à se structurer de ce qui a été fait donc et littérature scientifique disponible avec les premiers travaux qui ont plus de siècle ces travaux qui ont commencé à être structuré et systématique au 19e siècle c'est-à-dire 1856 vous voulez quelque chose comme ça même plus avant donc c'est un peu plus d'un siècle d'existence et pas mal de résultats se sont accumulés il ya une accumulation de résultats scientifiques et sur la base de cette accumulation on peut identifier des résultats qui sont systématiques qui sont assez solides d'autres qui sont un peu plus nouveau et qui demande des confirmations et en réfléchissant à ce cours pour donc les premières années en staps je me suis dit que j'allais essayer d'extraire des résultats des résultats parmi les résultats principaux les résultats comme systématique des éléments des propriétés du mouvement du contrôle du mouvement que l'on retrouve assez systématiquement et j'appelle ça des invariants alors c'est un terme qui est extrêmement classique en science la science cherche des propriétés qui sont systématiques qui réapparaissent très très fréquemment très très souvent alors c'est intéressant parce que ça donne des bases solides plutôt que d'avoir un paysage qui est fluctuant émouvant et qui changent en permanence dans lequel on est perdu on peut imaginer comme un nuage de fumée qui sans arrêt en train de changer ou les nuages qui serait en train de changer à cause de l'orage qui se veut très turbulent dont on essaie de trouver au contraire dans le paysage des repères des indices qu'ils sont solides qu'ils sont récurrents qui sont permanents relativement permanent et qui permet de nous repérer c'est ce qu'on appelle des invariants ce sont des structures et ça c'est une démarche élémentaires en sciences quel que soit le domaine

scientifique et que ce soit de la physique que ce soit même des mathématiques que ce soit de l'anthropologie de la sociologie de la psychologie de la biologie on essaie de trouver des choses qui sont généralement général et qui sont permanentes relativement calmes et ce qu'est ce qu'on appelle les uns elle va rien c'est à dire quelque chose qui ne va pas ou qui ne varie pas trop voilà sur lequel on peut baser une réflexion est aussi sur lequel on peut baser une action puisque on veut agir vous allez vouloir être prof être entraîneur être réhabilités faire du soin et pour ça vous allez vous allez analyser les mouvements vous allez regarder le mouvement de quelqu'un essayait de le reconnaître essayez de le classer essayer de le quantifier essayer de le mesurer même si c'est juste avec votre œil et votre mémoire éventuellement prenant des notes en faisant une grille d'analyse éventuellement en utilisant la vidéo éventuellement en utilisant des outils de mesure vous allez essayer d'analyser le mouvement qui est devant vous pour pouvoir produire un diagnostic et pour pouvoir ensuite mettre en route une intervention une action donc il faut essayer d'analyser ce mouvement et le fait de connaître des invariants mouvement je pense ça peut vous aider à faire ce diagnostic est donc à reconnaître des formes de mouvements c'est à dire des structures dans le mouvement je ne sais pas vous vous aider aussi à classer les types de mouvements des petits mouvements des grands mouvements les mouvements globaux des mouvements plutôt restreint et c'est donc voilà un peu les objectifs généraux alors dans ce recours pour vous aider à construire des compétences pour vous permettre de canaliser le mouvement classé le mouvement reconnaître les formes du mouvement dans le but d'intervenir le ch vous et à en plus de mon corps au dessus de didier de venir j'ai scanné des textes qui vous permettent de vous cultiver et d'en savoir plus et de mieux comprendre donc ces textes sont sur le coup d'oeil alors faut peut-être vérifier c'est peut-être une 23 et par une 20 contre le moteur j'ai envoyé ça aussi par par annonce depuis le 1 t j'ai envoyé sa part mais aussi des informations pour vous diriger sur l'ent il faut vous inscrire aux cours je crois pour y avoir accès c'est très simple maintenant vous avez l'habitude et donc à vous avez sept textes des textes dans l'âme berthoz des textes de pascal girault angela sirigu des textes de ramachandran des textes line beaulieu des textes de jean philippe lachaux lors le dernier par exemple c'est un extrait d'un ouvrage c'est un chantier qui porte sur l'attention le mécanisme d'attention c'est extrêmement important et c'est pas quelque chose que j'adore dans mon cours donc c'est vraiment un complément le texte les textes hélène beaulieu parle de la répétition qui façon nos habitudes c'est à dire de l'apprentissage la répétition s'est répétée les tentatives pour réussir une tâche réussir un mouvement et donc c'est ce qui permet d'avoir un apprentissage notamment le texte de ramachandran porte sur ce qu'on appelle les neurones miroirs qui ont été découverts sur l'animal et par extrapolation on pense qu'il ya un système miroir dans le cerveau humain qui permet d'apprendre par imitation c'est-à-dire par observation j'observe c'est aussi une base de l'apprentissage j'observe du mouvement j'observe de la coordination du mouvement et j'apprends le texte de giraud et si réguler permettent de comprendre la capacité du cerveau à s'adapter ce qu'on appelle la plasticité cérébrale j'en parlerai un tout petit peu dans ce court et les trois textes dans la bertauge permet de comprendre plus précisément des choses qui sont liées à eau contre le moteur donc pas ce qu'est un peu plus précisément sur le domaine du court et notamment des textes tirés de l'ouvrage le sens du mouvement et qui est un ouvrage ou quitteraient très intéressant mais un peu compliqué un peu d'or sont peu technique qui est vraiment de niveau universitaire peut-être plutôt de niveau master pour vous mais elle vous empêche d'aller consulter des chapitres là par contre je vous escalle et des chapitres et je vous encourage très très fortement à les télécharger à travailler dessus notamment le chapitre qu'il a intitulé le mouvement naturel et ensuite deux

chapitres tiré d'un ouvrage récent est beaucoup plus simple beaucoup moins technique qui s'appelle alain berthoz a appelé la simplicité qui est un terme qui lors qu'il a forgé en mélangeant complexité simplicité vous verrez de quoi il s'agit là aussi les lois du mouvement naturel donc une version un peu plus et du coréen plus digeste du chapitre du sens du mouvement et un chapitre sur la marche qui est s'appelle marché un défi à la complexité qui est très intéressant puisque la marche est une des activités dont des comportements coordination de base de notre espèce et d'autres espèces ce chapitre est un peu c'est un peu technique aussi eu aussi un peu plus difficile donc tout ça vous l'avez sur sur le t il y as dernier chapitre qui en bas de la page lacombe peut-être pas trop dans la page plein écran qui est un chapitre de la écrit par richard feynman d'ailleurs une typo il ya cf e y n il ya un n commune au dos avant le m et d'une grille richard feynman qui s'appelle mécanique qui tirait de son ouvrage sur la mécanique et qui s'appelle mouvement le mouvement et qui est un chapitre qui est destiné à vous rafraîchir la mémoire ou alors à vous offrir des compétences qui vous permettent d'allier contrôle moteur et justement la biomécanique donc une partie bio mécanique qui pose de problèmes à beaucoup d'étudiants en staps pas uniquement les cours de première année mais aussi le cours de 3e année et si vous commencez à travailler sur ce chapitre mais ça va vous aider pour la biomécanique en première année la biomécanique un troisième année et ça va vous aider aussi pour le contrôle montant puisque elles sont introduites les mentions de vitesse instantanée l'accélération de dérivés les relations entre ces variables qu'on appelle les variables de la cinématique et ce chapitre est très bien écrit très didactique et même si vous pouvez le trouver peut-être un peu denses un peu technique en le lisant et en prenant des notes ferme isolée avec ti sûrs aidant le lisant en surlignant des éléments et en faisant vos fiches bien où ça va énormément faire progresser dans des disciplines qui éventuellement nous pose problème en ce sens donc je vous conseille très fortement de faire un travail seul ou à deux ou à trois sur le chapitre mécanique chapitre mouvement de richard feynman je vous encourage ont très très fortement à lire les sept ce texte en prenant quelques d'autres sur les éléments essentiels du texte et potentiellement ses lectures seront évalués à la fin du semestre ont discuté avec didier delignières l'an dernier on n'a pas évalué mais cette année peut-être quand on évaluera aussi à travers des questions de cul c'est justement ce oui et 1 fille aurait 50% de questions sur votre recours et 50% des questions sur l'autre coup ou que ses parents personnel j'ai à peu près on en a pas on s'est pas arrêté en corse à peu près de cet ordre d'idée c'est de cet ordre de grandeur j'aurais peut-être un peu plus de questions parce que j'ai j'ai plus d'heures de cours donc peut-être plus de questions seront dédiés à mon couffin porteront sur mon cours et si on se dirige cette année vers un qcm puisque l'an dernier on n'avait pas fait un qcm fait des questions de rédaction mais ce n'était pas très satisfaisant c'est un peu compliqué si on se dirige vers un cul c'est 1 1 qui s'est levé il y aura aussi des questions sur les textes encore il y aura une partie de mes questions qui les porteront sur les textes donc je vous ai donné il ya des documents sur sur le modèle avec des exemples de telles questions je vous avais envoyé hier par internet je crois j'ai envoyé le plan des cours de didier delignières et aussi des questions de texte il me semble oui par par mail je vous en voyez ça permet alors ok donc c'est lui au 23 ans s'est tué 23 vous avez deux enseignants dit de moi même et vous avez 2 td c'est très peu de t d les td en soient eux mêmes ne sont pas évalués il est aidé en présentiel n'ont pas rencontré un franc succès c'est moi qu'on puisse dire j'avais quatre ou cinq et des étudiants partie des quelques quelques étudiants 15 20 ça dépend des en distance yale et vous avez aussi un travail personnel dans ce dans ce court le cours ne se réduit pas aux cours magistraux et au td vous avez aussi en cours un travail personnel à effectuer notamment sur les textes un qui est important qu'ils

aient pas important en quantité faut pas vous y prendre au dernier moment mais vous faut commencer tout de suite si vous l'avez pas déjà fait et vous lisez un texte ou deux par semaine en prenant des notes et et vous travaillez sur le chapitre de R Feynman et avec ça vous allez avoir un bon bagage qui va vous aider pour cette année et qui veut qui va vous aider pour les années croyez moi alors le plan détaillé de cours de 2 lié de didier delignières le voici donc je vais passer assez rapidement il ya des définitions d'introduction il ya un premier chapitre sur habilité et traitement de l'information il ya un deuxième chapitre sur une approche 18 de la coordination il ya un troisième chapitre sur les étapes d'apprentissage moutons donc moi dans mon cours je ne vais pas aborder de nouveaux habilité et traitement de l'information alors c'est bien que didier delignières et aborder ça parce que ça permet de se raccrocher avec une illustration avec l'attaché de fitts ce que nous avons vu en td donc le travail de paul fitts sur le temps de mouvement dans une tâche de pointage c'est à dire une tâche de précision spatiale en fonction de la distance entre les sites de largeur des cibles le travail de paul fitts en 1954 s'appuie directement sur la théorie de traitement de l'information puisqu'il emploie là encore la notion de traitement de l'information et de quantité d'informations et donc à travers la tâche de fils et sa quantification sa mesure la réalisation de graphiques de vos performances l'ajustement des paramètres de l'équation de la tâche de fils qu'on appelle la loi de fils tant de mouvements à est égal à un coefficient directeur x l'index de difficulté plus b la valeur de l'intercepter de la droite et bien grâce à ça vous avez une illustration très concrète et très précises d'une application de la théorie de l'information donc le td eux parlent de théories de france il ne parle pas du tout de temps de réaction il n'y a pas de temps de réaction dans la tâche de fixer du temps le mouvement corps mutilés tant de mouvements ce n'est pas du temps de réaction citant le mouvement c'est une tâche de contrôle de mouvement en fonction d'une précision requise et cette précision c'est la largeur des cibles moi mon travail mon média peu porteront davantage sur le chapitre 2 de cours de 10 dominèrent donc plutôt dans le cadre de l'approche dynamique même si je n'aborderai peut-être pas voilà ok mais écoutez j'ai été coupé pendant 20 secondes puis après j'ai lu micro coupé par défaut donc juste juste pour dire mon approche mais cours vont se situer dans la deuxième correspondent si vous voulez à la deuxième partie du cours de didier delignières à l'approché dynamique notre organisation même si j'aborderai pas les concepts généraux un peu technique de cette approche là et je ne parlerai pas de 2d stade de l'apprentissage d'accord voilà donc là vous avez un peu vous avez un peu un cadre à un cours sans que ça bug ce n'est pas un concours effectivement alors j'ai vérifié dans la maison que je suis parfois peut-être il est un peu il est un peu comme ça en europe d'ordinaire il ça se passe bien j'ai fait 163 un courant vision au premier semestre normalement je suis blindé alors voilà dans ça vous avez le cadre vous avez le cadre général et voici un peu un plan de mon cours je veux faire les difficiles oui il question il remarque on n'a plus le partage d'écran il faut refaire que le partage défendre je vous rien si je peux hors du cac d'écran ça prend du temps il faut être patient il faut être patient j'avais un peu oublié voilà donc je mets même temps plein et clamant je vais rester comme ça vous l'avez maintenant oui on sait pas mais c'est bon parfait on livre donc moi je fais définir la coordination des mouvements et je vais parler un peu d'apprentissage puisque c'est un peu nécessaire pour comprendre de quoi il s'agit comment les corps de la coordination des mouvements chez l'être humain apparaissent comment il ya une formation une structuration de ses mouvements avec la notion de patron de coordination que didier delignières a déjà introduit ensuite je vais parler d'un exemple de classification des mouvements et je vais vous parler d'une jonglage comme illustration alors pourquoi le jonglage parce que c'est quelque chose sur lequel j'ai travaillé à une époque donc j'avais

quelque chose qui était à peu près cohérent et insuffisamment détaillés et ensuite j'aborderai ce que j'ai su aller pêcher dans la littérature que je connais et que j'ai identifié comme étant de bon élève arrière du mouvement c'est-à-dire des résultats des connaissances assez solide sur le hall le contrôle du mouvement sur la coordination du mouvement donc je parlerai de redondance je parlerai de gel et de raideur et de des gènes des mouvements les articulations de raideurs articulaires sont peu lié à la redondance même très liés je parlerai d'information et de loi de régulation du mouvement avec des illustrations qu'on par exemple qu'est ce qui se passe quand on intercepte une balle donc j'ai mobile donc qui pose problème de ce que c'est que percevoir et agir de façon simultanée je parlerai de synchronisation avec une illustration assez curieuse c'est intéressant dans un tronc des mouvements de leurs mouvements du cheval et je parlerai aussi l'exemple de simplification du mouvement alors simplification naturel on va dire en ordre pour utiliser les concepts qu'il utilise et delignières une simplification qui est auto organisés qui est émergente c'est à dire que personne a décidé cette simplification quand un animal ou contre un être humain apprend des nouveaux gestes et bien il trouve des coordinations qui sortent de plus en plus simple pour lentilles se simplifie donc le mouvement se simplifie on verra des exemples de ça et on verra si on a un peu le temps des problèmes de géométrie et de cinématiques cinématiques qui seront définies dans la partie 2 point là ou plutôt trois points et et je me suis trompé en faisant mon plan c'est 3.3.2 moi c'est la partie iii qui sert à rien alors je voudrais je voudrais donner quelques repères le contrôle moteur se situe au carrefour de plusieurs disciplines scientifiques alors le contrôle moteur quand on dit contrôle moteur on en demande d'y contrôler parce qu'on a été longtemps influencé par et on l'est encore par des théories qui ont été dans le train qu'on est allé emprunté dans d'autres disciplines scientifiques et notamment des théories qui ont emprunté à ce qu'on appelle automatique et la robotique pour approcher des choses que vous connaissez pas ce que c'est plus médiatisé que l'automatique que le terme automatique alors automatique et robotique c'est un petit peu la même chose exactement c'est un petit peu la même chose c'est tous les outils qui ont été développés par des mathématiciens des physiciens et des ingénieurs et des informaticiens pour faire des objets technologiques des outils qu'ils peuvent être très sophistiqués comme des trains qui se contrôlent tout seul des métros qui se contrôlent tout seul la répétition du courant électrique sur le territoire lui des différentes centrales nucléaires ou non nucléaire les éoliennes qui se fait tout seul qui se contrôle de façon automatique voilà la distribution du réseau internet et bientôt dans des voitures qui se contrôlent tout seul sur la route donc tout ça requiert un système intelligent entre guillemets on parle parfois d'intelligence artificielle qui va réguler le comportement de la voiture du de la rame de métro du train et l'orientation du lait de l'électricité de l'énergie vers les zones du territoire on a le plus besoin en fonction des heures de la journée de la nuit donc ce sont des systèmes de régulation et ce sont des systèmes de contrôle et ses systèmes de contrôle ils ont été inventés ya plus d'un siècle et ils sont extrêmement développé aujourd'hui et ils ont inspiré les gens qui étudient le mouvement humain qui étudie la biologie en général et notamment le mouvement demain d'où l'idée de contrôle du mouvement contre le moteur contrôle de la motricité l'idée que le cerveau contrôle le geste c'est cette idée là c'est pour ça qu'on appelle ça donc le contrôle monde alors cette discipline là elle a des ramifications théorique est très différent vous avez eu l'idée de liberté de l'information en théorie des programmeurs théorie de l'auto-organisation théorie de l'émergence qui sont des théories vraiment très différentes les unes des autres et qui sont en compétition qui l'a vu un peu vous expliquer tout ça donc c'est un domaine où les connaissances ne sont pas définitives sont toujours en train de se développer ce n'est pas une science qui a la maturité d'une science comme par exemple la

mécanique depuis galilée et kepler copernic et newton qui a plusieurs siècles dernière venue derrière elle et donc c'est une science qui est toujours en développement avec quelques résultats qui sont moins fondamentaux risque évident mais les résultats et des interprétations des théories qui sont encore en compétition qui sont pas qui ne sont pas stabilisés dans une communauté de chercheurs ça le sera comme toutes nos séances avec eux avec l'histoire avec le temps les connaissances sur son instabilité temps en temps elles sont remises en question par des théories plus efficace mais là on en est on en est là aujourd'hui alors plusieurs disciplines contribuent au contrôle moteur par exemple la biomécanique que certains d'entre vous n'adore pas par exemple les neurosciences dont vous avez un peu entendu parler jusqu'à maintenant le pire dans votre parcours vous n'avez pas trop vu en star a encore beaucoup de choses sur les neurosciences vous avez vu l'unité motrices vous avez dû le moteur neurones de la moelle épinière quand j'ai moi si je me trompe vous avez vu le bouton de rose dans la moelle épinière et la plaque motrices oui bon dont vous avez déjà une notion de underworld 1 et un muscle moelle épinière vous avez une des notions minimale du système nerveux donc les neurosciences influence le contrôle mental une autre discipline influence de contrôle moteur participe au contrôle moteur c'est contribuer c'est la psychologie expérimentale c'est à dire le domaine de la psychologie ou ont fait des expériences pour tester des hypothèses sur le modèle des sciences dites sciences expérimentales la physiologie de l'exercice c'est ce qu'on appelle physiologie de l'exercice elle aussi contribue en partie au contrôle moteur en par exemple les filières énergétiques la dégradation de substrats de stock d'énergie ce que des formes diverses soient demeurés atp sur de graisse soi-même de protéines soit de sucres complexes macro de grosses molécules donc comment en occident tegra de ces substrats ses réserves pour produire de l'énergie donc et comment cette ces mécanismes répondent à différents types d'effort et d'exercice là ça aussi ça contribue à la discipline du contrôle moteur voilà donc c'est au carrefour de tout ça alors le contrôle moteur votre comportement moteur le comportement moteur d'une autre personne quand on dit comportement moteur c'est c'est à dire c'est le mouvement que l'on peut observer si vous regarder de l'extérieur quelqu'un un bébé un enfant un adulte une personne âgée une paire une personne en bonne santé en mauvaise santé qui boite qui a mal au dos qui utilisent une carte qui monte des escaliers qui court qui fait du sport un athlète on athlètes de très haut niveau ni tête de moyens niveau tout ça si vous l'observez de l'extérieur ce à quoi vous avez accès à son comportement c'est ce que vous voyez de l'extérieur c'est son comportement et ses comportements il ils sont ils sont déterminés la façon dont la personne se comportent pas être déterminée par tout un ensemble de causes un jeune journaliste et quelques-unes vous vous donner des repères donc je vois que ça s'agitait dans la conversation j'essaie de savoir une pause oui en faire une petite pause puisque deux heures seulement alors les différentes causes quand vous voulez faire un comportement ski ski dès mars et c'est une volonté un ou des buts ou alors vous réagissez à ce qui n'est pas exactement la même chose vous réagissez un événement hautement vie vous a surpris au kivu n'a pas surpris en fonction du contexte donc là je suis très général c'est le point de départ donc vous allez produire une action parce que vous voulez entendre une finalité qu'est ce que c'est une finalité ce sont des mots du langage courant cdci atteindre but vous avez exercé votre volonté vous allez réagir à quelque chose pour faire une performance ou tout simplement pour survivre ou tout simplement pour accomplir des actions de la vie quotidien et vous préparer un café chocolat un oeuf au plat des pâtes ce que vous voulez vous allez prendre le tram faire du vélo faire du sport vous avez le but d'action pour accomplir un but qu'un couple alors pour faire ça pour vous mettre en route et pour produire du mouvement et bien vous allez

devoir satisfaire des contraintes et vous n'avez pas le choix alors la première de cette famille de contraintes ce sont des lois de la physique et si vous voulez bouger vous allez forcément votre corps entre biologie votre cerveau entre physiologie tous à votre équipe équipement génétique va se confronter à la gravité la gravité et le fait que pour reprendre une image si vous tenez une pomme elle va tomber vous l'a lâché m tomber vers une sol dans le centre de la terre même quand vous bougez vous êtes sans arrêt confronté à la gravité si vous ne luttez pas contraint gravité vous tombez sur le sol et si vous vous laissez faire les gravités vous allez vous retrouver allongé sur le sol donc c'est le moment où naturellement fait ça c'est quand soit on se repose soit pendant contre d'or le reste du temps on lutte quand on bouge on lutte entre guillemets on doit s'adapter on doit oui on doit s'adapter à la gravité c'est à dire on doit jouer avec la gravité on doit utiliser la gravité quand je veux marcher vers l'avant eh bien je vais me laisser légèrement tombé vers l'avant et je vais faire des pas vers l'avant un nouveau-né qui commence à marcher il tombe vers l'avant le votre est clairement ici ses parents ne le retient d'abord vous ne trompez pas il va tomber vers l'avant il va faire quelques pas pour autant et puis il va carrément tombé par terre ce qui est une bonne chose et maintenant ils vont apprendre à tomber donc la gravité est là elle est toujours là c'est une exemple de l'eau physique l'inertie n'est toujours l'inertie c'est quoi c'est la masse ainsi je ne bougeais bon bras ou si je veux bouger ma jambe si je veux juste bouger ma main oui même si je veux bouger bout de doigt l'inertie dont est faible mais elle est réelle si je veux bouger la tête de la gauche vers la droite vers le haut ou vers le bas eh bien il ya une inertie c'est à dire il ya une masse une masse si la quantité de matière et je doit vaincre cette inertie pour me mettre en mouvement c'est la deuxième hors de l'eau donc par exemple dans les lois physiques allez lol d'hermies de la mécanique est depuis le xviiè siècle on utilise une formulation qui est très très efficace qui a été découverte par isaac newton et les trois lois essentiellement les trois lois de newton principe d'inertie forces égales masse multipliée par accélérations action réaction donc et on va pas rentrer dans le détail c'est pas l'objectif du coup mais ces lois sont là ils sont importantes et le contrôle moteur ne peut pas échapper à ses lois la biologie ne peut pas échapper à celle où et quand la biologie est sans arrêt en train de trouver des solutions face aux lois de la physique la biologie ne peut pas nier les lois de la physique la biologie ne peut pas s'extraire des mots de la physique la seule où le seul moyen pour nous de nous extraire dimona physique c'est de rêver ou de faire de la fiction ou de nous amuser dans de la réalité virtuelle ou d'utiliser des outils qui vont créer de nouvelles lois de la physique si on est dans une soufflerie et qui va nous permettre de flotter dans l'air et bien on ne va plus être soumis à uniquement à la loi de la gravité mais il va y avoir un vent que lui par d'énormes ventilateurs vers le haut qui va s'opposer à graviter on va éventuellement flotter c'est une on n'a pas annulé la gravité on a créé une deuxième force donc et d'autres mouvements lettres des sièges flotter dans son dans ce courant d'air verticales donc la biologie ne peut pas nier la physique il n'y a rien de magique deuxième chose qui contribue énormément à eau contre le moteur c'est notre la structure de notre corps ils ont là ça fait appel à la menthe au multi le fait qu'on ait des articulations et le fait qu'on ait des muscles ça aussi ben ça à prendre en compte quand on réfléchit aux contrôles menton on a beau dire on a beau faire notre corps effet d'articulation et il y a des muscles attaché au scellement ce qu'on appelle les segments autour de ses articulations et ce sont ses muscles se raccourcissent ans en devenant plus raide en devenant plus souple au contraire qui vont modifier et créer du mouvement qui vont faire qu'on ait deux postures régir bouge plus ou qu'on va avoir une posture souple ou par une série d'activation musculaire qui vont créer un mouvement comme moi par des plats comme si je comme si je vous mettez une gifle du gouvernement oui taf



celle nouvelle expérience de la visio pop voilà une gifle baroud qu'un revers de la main et maintenant hop un coup droit pof fathom donc alors pour faire ça depuis mon épaule jusqu'à mon poignet il faut activités active et des muscles qui vont faire bouger les segments corporelle autour des articulations autour de l'époque du coup de poignet je vais pas être exhaustive dans ma tête ce qu'une discussion à ma présentation anatomique et de cet exemple là mais bon vous habilité l'autre et les morgues qui est très important c'est le système nerveux nous on fait partie d'une espèce qui a un système nerveux et qui est un système nerveux développer très développé le plus développé de toutes les espèces vivantes sur terre et de très très loin on le on y reviendra donc ça aussi c'est très important on a un cerveau pour le dire de façon peu général cerveaux et les moelles épinières en parle par ford système nerveux central on a le système nerveux qui est très développé alors on a un système nerveux dits périphériques c'est tous les ce qu'on appelle les nerfs les nerfs moteurs et les nerfs sensorielle qui nous permettent d'activer les muscles et de sentiers d'avoir des sensations de percevoir c'est le système périphériques et puis on a un système nerveux central dans la première et dans notre encéphale dans le crâne qui permet d'avoir une mémoire qui nous permet d'apprendre qui nous permet d'imiter qui nous permet d'inventer qui vous permet de créer les nouvelles solutions et puis qui nous permet aussi de réfléchir penser d'analysé de percevoir d'analyser le comportement des autres de poser le diagnostic comme je le disais au début d'inventer des solutions d'intervention ou des solutions de mouvement pour le mieux donc ça c'est un autre un autre aspect c'est quoi la différence entre la gravité et la pesanteur c'est une question il n'y en a pas on va considérer pour nous qu'il n'y a pas de n'est pas de différence quand on dit la pesanteur c'est qu'on parle on pense d'objets pesant me dire des objets pesant donc des objets qui pèse et donc des objets qui ont un poids ça ce sont des cousins est un objet qui a un poids c'est un objet qui subliment force puisque le poids en mécanique est une force encore et cette force elle est causée par le fait qu'il y à une gravité donc la gravité cause la force du poids on dit la force du plomb et cette force du poids c'est la présente donc gravité pesanteur c'est la même chose il ne faut pas confondre le poids et la masse la masse c'est en kg la masse c'est la quantité de matière pour être très explicite la masse c'est la quantité d'atomes la matière ce sont des internats blessure il ya des particules plus petites que les attend dans un noyau d'atome vous avez des protons et neutrons autour vous avez des électrons et dans les protons vous avez des particules encore plus petite ça se décline au palais du chili la taille des particules mais bon donc là la matière la la masse c'est la matière l'inertie la masse c'est la matière le poids c'est une force quand cette masse et dans un champ de gravité la gravité c'est la force qui s'exerce sur le poids parlons excuse la gravité c'est la force qui s'exerce sur sur une masse c'est un tout petit peu plus compliqué que ça la gravité c'est un chant qui s'exerce qui produit une force sur toutes les masses qui sont présentes dans ce champ s'appelle un champ en physique par exemple la terre exerce une force sur la lune la lune exerce une force sociale interne ça fait en sorte que les deux planètes ne se quittent pas pendant l'année il tourne lune tourne autour de l'autre pendant que notre terre un tournus traditionnel lui ne tourne autres voilà et donc la gravité c'est cette attraction mutuelle entre les masses c'est un chambre c'est un concept de physique très sophistiquée très très bien connu ça s'exerce à distance c'est une force qui s'exerce à distance c'est une force qui s'exerce à travers le vide il n'y a pas besoin de ça passe à travers le vide le champ de gravité depuis depuis les expériences récentes et depuis les théories d'einstein on sait que le champ de gravité c'est quelque chose qui se propage et qui se propage à la vitesse de la lumière de la même manière que la lumière ça c'est pour les scientifiques parmi vous alors j'ai une autre question nos structures anatomiques induisent d'une manière optimum de l'utiliser si notre

contrôle moteur est à noter conscience que cela que le contrôle moteur et déterminant à l'efficacité du mouvement alors le ce a cédé ce sont des questions qui sont débattues est ce que le notre comportement et notre contrôle moteur et optimale n'est pas optimale notre les données les plus récentes indiquent que notre notre contrôle moteur n'amène pas des mouvements qui sont exactement aux petits bouts mais ça de sa demanderai un petit tout ça demandera un petit éclairage parce qu'il faut définir très précisément ce qu'on entend par optimale et il semblerait plutôt que nos mouvements soit presque optimaux alors s'il ne peut être ça monte ça paraît une subtilité mais mais ça correspond plutôt à la réalité c'est à dire que nos mouvements me sens suffisamment mots voilà mais ils sont pas exactement les meilleurs mouvements les plus efficaces possibles boyer ça ce n'est pas vrai un enfant qui apprend à marcher et trouvent des solutions qui sont suffisamment bonnes pour exécuter les actions qu'il a envie d'exécuter et qui vont lui permettre d'être adapté pendant la journée avant d'aller à l'école puis quand il va à l'école maternelle du cantine de l'école primaire puis au collège au lycée etc les mouvements qui va faire sont suffisamment robots pour lui permettre d'être adapté et il va éventuellement les améliorer ils vont être de plus en plus efficaces mais ils vont pas être forcément les plus efficaces possibles oui ils ont s'en rapprocher et ils vont pas forcément être les plus efficaces possibles même pour un athlète même pour un musicien pour le plus grand musicien il ya des virtuoses extraordinaire bien c'est pas exactement le mouvement le plus efficace oui on y est presque mais on n'est pas exactement et voilà donc par exemple en anglais j'ai des collègues qui ont travaillé ces questions là et ils tombent sur la notion de [Musique] the good enough suffisamment bon vous voyez en france on dirait suffisamment mots suffisamment efficace suffisamment efficace efficace vous commencez à prendre un nouveau geste ce pour une activité sportive au début vous êtes très éventuellement vous êtes très maladroit vous l'apprenez certains apprennent vite d'autres moins vite et ensuite quand vous voulez utiliser si c'est par exemple un sport collectif où les utiliser en situation de match vous n'allez l'utiliser que si votre réalisation est suffisamment à l'entraînement vous donne l'assurance qu'en match cette nouvelle technique si vous utilisez vous n'avez pas tout foirer donc mais vous n'avez pas forcément commencer à l'utiliser quand elle vous avez vous allez avoir le sentiment qu'elle est parfaite vous allez l'utiliser n'est pas forcément parfaite mais elle est suffisamment bonne oui donc d'ici 2015 nous les avons envoyés à moins peut être que la classe à l'école est ok alors comment je peux tout copier voilà donc comment pourrait-on faire pour que le mouvement soit optimaux je n'en ai aucune idée optimal optimale le problème c'est que optimale il faut avoir une définition claire et je ne vais pas c'est pas le but de mon cours donc le problème c'est que optimale est utilisé je vais faire juste une petite parenthèse il faut trouver le sens exact le sens de optimum et il faut retourner au sens exact optimale et le sens exact optimale c'est le minimum gino fonction l'optimalité et nos deux sens et très précis que s'il est très bien et il est bien défini mathématiquement un concept qui vient de la physique et il demande une définition très propre et très précise et rigoureuse heureusement donc par apprentissage intuitif spontanée par essai erreur comme un animal voyons chaque coup un aigle qui volent d'épervier qui piquent un vous voyez ils font des choses on pose oiseaux qui vont frapper un poisson dans l'eau tant qu'ils nagent des vitesses pas possible d'emmener tous ces animaux ils n'ont pas réfléchi ils n'ont pas eu un entraîneur ils ont imité les autres en les observant le il réfléchissait pas forcément du tout comme nous mais ils ont trouvé des solutions qui sont très efficaces qui sont pas optimales au sens strict qui sont en parfaite mais qui sont très bonnes oui et ça se fait juste par la répétition comme le dit à dire des étudiants dans le chat de façon intuitive oui une façon intuitive mais après on peut avoir un

entraînement avec un entraîneur encore on peut mettre des caméras on peut mettre des mesures on peut tracer changer de coach tous les tous les deux ans tous les six mois avoir plusieurs coaches les impôts tel type de problème notre portée notre type de problème et faire en sorte grâce à ça qu'on s'améliore techniquement il ya beaucoup de sportifs qui font ça presque plus ou moins développés produire des sports il ya des sports où on utilise des outils de mesure et des sports où n'utilise pas lui qui mesure est juste de savoir faire et la bouteille l'expérience de l'entraîneur voilà [Musique] l'apprentissage de prise de conscience prise de conscience est actuellement pas nécessaire prise de conscience est nécessaire c'est un problème en soi le problème de la prise de conscience c'est un problème qui est compliqué mais ce n'est pas une nécessité mais là encore ça demande c'est pas une nécessité vous pouvez avoir conscience de certaines choses et pas conscience d'autres choses et ça vous gêne pas forcément dans votre performance et certains individus on va arriver à prendre conscience de pas mal de choses et ça va leur servir et d'autres individus vont être beaucoup plus intuitif et ne voient pas en vaut pas trop prendre conscience de ce qu'ils font ils vont être très efficace et là j'utilise le terme intuitif et le terme en position a confiance en lui un peu en utilisant le langage aux cobras mais c'est mal définis dans ce que j'ai dit ce sont pas les concepts scientifiques encore donc il faut tout type attention il faudrait définir clairement ce qu'on entend par intuition clairement ce qu'on entend par conscience est prise de conscience et ensuite on pourrait réfléchir et travailler mais là j'ai utilisé les termes informel je pense que vous me comprenez déjà intuitif et des gens qui sont plutôt sur la réflexion la prise de recul la prise de conscience et il ya des profils psychologiques là c'est plutôt le problème des psychologues il ya les profils il ya des gens qui apprennent en prenant conscience et les gens qui la reprennent en étant attentif et vous avez un petit peu de tout et puis c'est pas figé il ya des gens qui étaient un tweet iphone peuvent se mettre à prendre conscience de certaines choses dans leurs gestes et échanger et des gens qui étaient très corti qui on va dire un corticaux il réfléchit c'est tout le temps et puis quelqu'un veut radier le jour où on essaie d'être un peu plus intuitif pouvoir ne réfléchis par laisse aller et puis il change un petit peu de leur façon de nous d'apprendre et ça peut marcher aussi et par ce n'est pas figé ce qui est sûr c'est qu'il ya plusieurs façons en france à 6 ok alors peut-on admettre que rationaliser un mouvement permet d'améliorer notre efficacité pas forcément pas forcément non non adrien ce n'est pas il n'y a pas une démonstration il n'y a pas une preuve dans la littérature univoque qui démontre cette affirmation il faudrait savoir rationaliser un mouvement l'entendre un petit peu ce que ça veut dire une analyse technique avec des outils scientifiques avec de la mesure il n'y a pas de preuve que c'est l'arbre absolue pour progresser on en compte toute raison de penser que c'est une bonne chose mais il n'y a pas une preuve absolue oui il n'ya pas un argument scientifique puisque moi je parle de science aaas mon job donc mais qui disent c'est la solution systématique on peut très fortement le penser le croire mais en tout cas il n'a pas pris il n'y a pas la preuve du contraire aussi mais pas la preuve que le savoir-faire en pierrick intuitive de l'entraîneur même qu'il ya beaucoup beaucoup beaucoup d'expérience et un savoir-faire efficace dans tous les cas sans non plus rien n'a pas la preuve oui on apprend n'ont pas étudié le savoir-faire et l'efficacité des entraîneurs et de manière à prouver que oui un entraîneur est toujours efficace et quand il donne des conseils ces conseils sont toujours les bons on n'a pas la preuve de sens j'espère que je vais un peu vite et j'espère que je me fais comprendre mais on n'a pas la preuve de sa par exemple un entraîneur qu'ils vont passer un nageur ou un athlète qui va faire du saut à la perche qui se prépare pour les jeux olympiques et l'entraîneur qui est plate et est un peu en retard là tu étais un peu en avance à la coupe du monde un peloton des pôles qui monte un

peu trop cool l'attak dans l'eau plutôt comme c'est plutôt comme ça peut-être que ça marche peut-être que ça marche pas en saison on n'a pas la preuve en tout cas par contre ce qu'on sait c'est que observé à l'oeil nu du mouvement c'est très compliqué c'est très compliqué parce que ça va très vite sans le sait puisque jusqu'au siècle dernier on n'avait pas le cinéma donc quand la vidéo on n'avait pas les chronos les kg elle est à la chronophotographie les premières images que je vous ai montré ainsi qu'en première dire qu'on n'avait pas tout ça on n'avait que l'oeil nu et on avait une représentation intellectuelle du vision du mouvement qui était très souvent fausses sans le sait les peintres qui observaient le mouvement et qui essayait de le dessiner il se trompait souvent ils se trompent et donc sans les outils on peut se tromper de sable de fortes chances de le penser voilà par exemple on ne savait pas avant l'avènement de la photo si pendant le galop pendant le trot pendant le trot il y avait un moment où je suis va laver les quatre les quatre sabots en l'air ou s'il y avait toujours un des quatre sabots sur le sol à l'oeil nu personne ne le savait ça c'était c'est une idée très très intéressante pour moi c'est vraiment intéressant donc c'était vous avez entendu parler de cette histoire des gens non ça c'est une histoire très intéressante c'est une histoire sur le contrôle qui a un rapport avec le contrôle moteur et avec le mouvement général et avec la filière staps c'est une histoire très intéressante le il y avait un industriel très riche en californie qui s'appelait stanford qui a fondé l'université de stanford qui est une des plus grandes universités américaines et stanford vous voulez savoir s'il était passionné de cheval il voulait savoir si c'est une question qui est qui qui préoccupait les passionnés de chevaux depuis très très longtemps et lui voulait trancher cette question il voulait une réponse et la modernité c'était un industrialisation du monde occidental xviii siècle révolution industrielle et on se dote d'outils de plus en plus rationnel on en comptait la machine à vapeur le train des avions n'étaient pas encore là mais elle est arrivé bon et donc on voulait tout comprendre et lui l'a dit bon il faut trancher cette question est ce que pendant le trot il y a un moment où le cheval a les quatre pattes en l'air ou alors et 4 ou alors il a toujours uniquement trois pattes en l'air il y en a eu lui qui est toujours sur le son si c'est pas lui c'est l'autre question ouverte dit que 19ème siècle et il a fallu un photographe qui s'appelait muybridge id world je suis je vais l'envoyer adria je me languis attention monsieur juste là ce qu'on est en train de parler depuis tout à l'heure c'est des exemples que vous nous donnez en plus tout ça ça fait pas partie du courant n'est pas obligé de le noter don et tout et tout prenez des petites notes blessés de suivre maximum or mais les histoires d'optimalité non c'est parce que vous m'avez posé la question et puis bon donc chrono mais l'exemple sur le galop la chronophotographie comme aux photographies c'est un exemple qui est important chronophotographie je peux pas avoir fait d'erreur on trouvera donc il y avait quelqu'un donkey cerclistes enfant qui voulait savoir s'il y avait une patte eu deux départs sur le sol en outre aux questions ou d'interrogation de la pause dans trente secondes du corps neuvième siècle personne ne sait sans pourtant des experts en chevaux il y en a beaucoup le cheval a accompagné l'ordre pendant des millénaires des milliers et des milliers d'années au 19e siècle ça faisait des milliers des milliers d'années que l'homme utilisé le chemin les levés le sélectionner des chevaux plus fort et solide l'entraîné le domestique et l'utiliser dans sa vie et pour sa survie depuis des millénaires voiliers et ensuite pour faire la guerre et c'est le cheval avait un rôle capital a eu un rôle capital dans le développement de l'espèce humaine dans son ensemble donc des chevaux ont les observer il y avait des vétérinaires pour les chevaux étaient bien des courses on ne savait pas comment fonctionne et le tro al'onu toujours pas après des millénaires d'observation ça ça nous apprend quelque chose sur la nature du problème qui est posé à quelqu'un qui veut regarder du mouvement et qui veut analyser visuellement uniquement visuellement du

mouvement l'exemple du trot du cheval pour ça d'après moi est caractéristique c'est une preuve extrêmement intéressante et historique très solide que c'est difficile d'analyser visuellement du mouvement la réponse on l'a eu et comment grâce à une chronophotographie c'est à dire une décomposition avec une série temporelle de photos les unes des clichés les hommes derrière les autres qui a montré qu'à un moment pendant le trot les quatre pattes sont à retenir d'accord avant ça on le savait pas donc si elle n 10 ils disent très intéressant et on fait une petite pause de cinq minutes ok dix minutes on reprendra 16h13 juste monsieur pour le dernier point de cette diapos vous avez dit quoi par rapport à perception et mouvements les uns comme ok c'est bon je n'ai rien dit sur connexion au cerveau monde avec un système nerveux ok c'est bon merci beaucoup monsieur excusez moi c'est quoi vous venez me mettre dans le tchat c'est aux lianes celia j'ai essayé j'ai juste taper sur internet pour vous trouver le lien vers l'histoire l'ancien anglais ont ce qu'ils aiment l'anglais sinon vous pourrez chercher en français aussi vers l'histoire de ce description du trot est-ce que je les en tulle et peut-être en français louis julian française très bien [Musique] 30 c'est plus kaka georges avait dit la pause jusqu'à maintenant est comment reprendre j'ai pas le temps d'en prendre je fasse des mails alors on reprend donc je vous ai mis des vieillards 16 et ceux qui étaient intéressés par cette histoire de bridge donc je vais reprendre je vais reprendre le cours ok alors donc parmi les contraintes qui pèsent sur le contrôle moteur c'est à dire les les les éléments que le le contrôle moteur en action dit se déroule ne peut pas contourner les éléments qui ont une action causal sur le contrôle moteur donc je m'étais arrêté au système nerveux je vais revenir il ya le fait aussi que ce cerveau ce système nerveux est en contact avec le monde alors ça s'il termine de logique que je vais utiliser faut pas être choqué mais j'étais j'utilise des mots à ses généraux donc notre cerveau il est en contact avec l'environnement avec le monde il est pas isolé et comment ils rentrent en contact avec le monde est bien en moyenne du corps qui est en mouvement oui comme moi je suis en train de bouger comme ça je vais pas faire un jeu pas forcément conscience de ce qui se passe mais en bougeant vos bras parce que j'ai des récepteurs sensoriels dans les muscles et dans la peau et bien ces informations que ces récepteurs sensoriels capte pendant le mouvement est bien il remonte dans mon système nerveux par les neurones aux comptes dans mon cerveau et donc mon cerveau est en contact avec avec l'interaction entre mon bras le monde physique mais si je fais ça si je laisse pendre au moins comme ça il a rebondi de façon un peu passive il ya un mouvement élastique magal fait quelques petits rebonds est bon mon cerveau ça y est il reçoit des informations à propos de ces petits robots alors si en plus je me regarde je prends plus d'informations visuelles sur ce qui est en train de se placer en face à saran dans mon cerveau je bouge je crée de l'information j'ai créé des sensations je crée de la perception et bien le cerveau reçoit ça d'accord donc si je vais taper sur le mur si je vais taper sur la table alors vous allez l'entendre c'est parce que j'ai des microblogs je tape il ya un contact physique il y a de la mécanique ça fait ça fait du bruit ça fait un choc de haut niveau de mes doigts mon cerveau a accès à ça donc mon cerveau est en contact avec le monde est l'intermédiaire c'est notamment le corps en mouvement le fait que le corps soit en mouvement quoi donc il y en aller retour entre le cerveau qui met en route les muscles et donc il fait bouger le corps ce corps interagit fait l'expérience d'un manque de physique avec des solides avec de la gravité avec de l'eau avec des fluides on va envie d'autre chose et en même temps mon corps est doté de systèmes de perception et donc mon cerveau reçoit cette perception d'accord et tout ça de façon plus ou moins simultanée pas exactement simultanée il ya des petits déliés mais c'est presque sinon voila je reviendrai un petit peu donc ça cette connexion cerveau au monde par le biais du mouvement du corps pose le problème de la

perception et du mouvement donc je pense que ludovic marin en a pas mal parlé didier devenir peut-être un petit peu moins ou pas de cette manière là mais donc le contrôle moteur pose des problèmes de perception et de régulation de production de mouvements de façon concomitante voilà donc là j'ai essayé de vous lister les grands éléments voiliers de partir de l'image la plus large et la plus générale possible quand vous avez fait le tv de philips on est parti dans le télé de fitz de quelque chose de très pointue et très particulier qui a beaucoup d'application mais on est tout de suite rentré dans des histoires de détail de largeur de cible de chronomètre de graphiques etc ici là sur cette première dire qu'on a je me suis dit bon on va j'arrive je suis troisième prof de la neige et une vie qu'il ya eu didier il ya moi je vais essayer de mettre un cadre un peu plus générale pour commencer voilà pour vous donner des repères pendant tout ça ce sont les éléments généraux j'ai une question dans les conversations coordination des mouvements c'est quoi le titre 7 partie 2 contre notre coordination des mouvements si vous voulez alors on enchaîne alors ça c'est une petite illustration de quelques éléments dont je vous ai parlé c'est vous mettre des images pour vous faciliter la mémorisation on a les squelettes vous voyez en gros donc celle anatomy on peut pas échapper à notre squelette alors on n'a pas le corps de poules plein qui est capable de faire des mouvements incroyables et bien heureusement peut-être pour draguer avant le corps de couple se serait pas terry sauce draguer les autres couples et donc on a un seul est rigide avec des articulations on a des organes sensoriels un système vestibulaire dans l'oreille interne les mouvements des yeux qui sont extrêmement importants les visions on a des récepteurs dans les tendons et dans les muscles sont pas les mêmes le coup notamment benoit dans tous les muscles on a dans le pied aussi on a des récepteurs que tu as les secteurs du toucher des secteurs de l'impression quand on met le pied par terre on semble ne bosse pas c'est des récepteurs du toucher des récepteurs tactiles on a des mouvements qui peuvent vous voyez cette image du bras ici je vais pas rentrer dans le détail de tout ce qu'il représente est là mais vous voyez qu'il ya des propriétés géométriques spécifique 11 12 c'est un longueur entre l'articulation de l'épaule et l'articulation du coude de la distance entre le coude de poignet vous avez 1 2 vous avez une autre distance donc des gens qui animera cours des bras petit et autour de l'épaule autour du coude au tour de poignet ici vous avez des petites croix et vous avez des axes qui sont tracées autour de ces de ces petites croix qu'ils indiquent que des rotations vous voyez comme une flèche qui fait un tour sur elle-même au tour de max ici autour de l'axe fixe autour de l'axe y autour de deux axes z par exemple au niveau des points ça veut dire qu'il ya des rotations donc ça aussi c'est en quelque sorte une de contraintes liées à la structure de notre corps notre corps bouge avec des rotations au niveau articulaire il s'agit de rotation s'agit d'arguments un des angles que l'on peut quantifier en degrés par exemple ou de façon un peu plus sa vente est nécessaire pour certaines fonctions et de l'application mathématique en radiant on voyait qu'on a donc on a un corps qui se divisent qu'on peut diviser en plusieurs éléments où il est ici une représentation un peu sa vente de notre corps vous avez là partis de gauche représentés avec le vocabulaire de vanatome y est la partie droite avec une représentation un peu plus atteint tel que l'utiliserai des roboticiens par exemple alors vous voyez articulations articulations de l'ours est notée avec l'egypte à ce qu'un anglais c'est jones le terme pour articulation avec des représentations sous forme de cylindre qui veut dire que je peux tourner autour du célèbre s'il orientées comme ça comme ceci donc sur notre axe c'est un détail c'est juste pour vous montrer que je peut décomposer mon corps en essayant de faire une sorte de modèle un peu un peu sophistiqué c'est juste une idée comme ça la représentation de la mer ici nous montre des différents plans qui sont les plans anatomique nous montre aussi le mouvement du pouce à l'intérieur de ce système spatial de

repère spatial gris le pousse ici et il ya un arc de cercle ici qui nous montre que le pousse à vous voyez le pouce il peut avoir une trajectoire circulaire peut faire un tour donc vous avez un problème de définition des espaces qui est assez sophistiqué pour le contrôle moteur puisque notre - le mouvement de notre corps peut se déplacer le moment de nous simple doigt peut s'établir en trois dimensions jackson gauche-droite au bras avant l'arrière donc c'est en trois dimensions donc on voit là avec cette image qui a un hors jeu autour de la compréhension de l'espace sur la droite ici je vous ai présenté quelque chose qui est important en contrôle moteur il n'y a pas que le bras nus pas que la main n'est pas que l'oeil n'est pas que le pied n'est pas que la tête qui bouge du coup il ya aussi la posture et la position de l'ensemble du corps qui nous permet d'en l'enjeu est de ne pas tomber l'enjeu numéro un c'est de jouer avec la gravité et de ne pas tomber garder son équilibre ici les marques et le centre de gravité à l'abri gcg vous connaissez peut-être le polygone de sustentation la surface des pieds hausse et on va quelque part essayer de rester dans un espace qui va nous permettre d'éviter la chute est de rester en quelque sorte au dessus de nos pieds ça c'est un autre aspect alors donc très largement gêné l'accent sur des certains éléments j'ai mis l'accent sur les lois physiques qui du monde qui nous entoure et dont on ne peut s'extraire on peut pas s'échapper pas les éviter quand on produit du mouvement et donc j'ai déjà parlé des lois de la mécanique et la gravité des lois de newton que vous connaissez vous connaissez pas en fonction du pack quand vous avez c'est qu'ils ont fait suer pour la biomécanique que vous allez en partie voire décrit dans le chapitre fame and middle mais en partie seulement pas tout les événements que je vous encourage de parcourir et d'essayer de comprendre un petit peu ça c'est les lois de la mécanique mais aussi des lois qui sont intéressantes en physique et auquel le corps humain ne peut pas s'échapper mais qui se situe à déchets a beaucoup plus petit je me présentais comme ça c'est en partie vrai en partie foncez pas c'est pas tout à fait rigoureusement exact mais il ya des lois qui qui s'applique à des échelles plus petit et c'est notamment des lois qui s'appliquent à l'échelle de la cellule oui quelque chose de grand même très très petit mais l'échelle de la cellule est par exemple une série qui intéresse le contrôle du mouvement le contrôle moteur c'est les cellules du cerveau cellule où il celui qui sont dans la moelle épinière et c'est le principal les plus intéressantes n'aime pas les seuls qui sont les neurones camp et dans ces neurones et il y a quelque chose je vais en reparler qui est important c'est une loi microscopiques qui est la loi du mouvement brownien qui décrit ici le mouvement brownien ou encore une qu'on appelle à une loi de diffusion sur lequel je vais revenir et qui s'appliquent à des échelles très très petit donc j'ai appelé sa microscopique et par exemple à l'échelle des ions ils ont un a plus qu'à plus potassium calcium chlorure etc qui sont des atomes qui sont chargés dans mon électricité de façon positive ou négative et dans le rôle est très important pour faire fonctionner les neurones et pour générer de l'elfe une herbe ce qu'on appelle le potentiel d'action c'était une fille nerveux et des ions des particules d'attente de charge et qui vont rentrer et sortir d'une robe à travers la membrane de la cellule du neurone et c'est ça qui va faire en sorte vous leur expliquez vous l'expliquer quel neurones va déclencher un potentiel d'action c'est à dire un tel flux nerveux et à cette échelle là tout petit il ya des lois intéressantes dont je vais parler qui aura un rôle à jouer dans le contrôle moteur ont importé un jeu dent contre le monde alors là je vais aborder un élément je vais aborder les vrais je veux faire et qu'un petit peu à je réponds mais [Musique] alors là je vais faire écho à auch dans l'air berthoz et ce qu'il a appelé la scène qui silas est d'exciter je veux dire simplicité et complexité juin je vais aborder un parti du cours qui parle de ça qu'est ce que vous avez vu lors du thé je peux m'appuyer pour ça sur le td vous avez fait qu'est ce que vous avez vu sur le td le td on vous a vu l'expérience de fitz 1954 vous avez

reproduit une version simplifiée dégradé de l'expérience de fils du portage réciproque et vous avez redécouvert un pointu pratique là la loi de fils la loi du fitz alors gelé par écrit tu as one of its c'est une relation entre le temps deux mouvements pour aller d'une cible vers une autre cible et la difficulté du pointage et la difficulté du pointage était essentiellement une fonction de la largeur de la cible et de combien de fois je peut diviser l'espace entre le point de départ un point d'arrivée de mouvements par cette largeur de cible et je prends logarithme en base aux deux de cette division de la distance fait deux fois la distance entre les deux types / l'argent possible et ça vous donne mon index de difficultés on se rend compte qu'il ya une relation linéaire de droite qu'est ce que ça veut dire ça veut dire que on a une loi qui est très simple la loi la loi mathématique est très simple elle s'écrit comme une droite et d'un point de vue géométriques il n'y a rien de plus simple que de droite c'est la fonction mathématique la plus simple la loi de fuite c'est le thé des hommes donc moi je vous renvoie vers le tdr le tdn a été fait le tdm a été fait en cours en distance yale ou en présentiel et les documents sur le moodle qui le décrivent c'est une loi donc ça a été abordée ans et je m'appuie sur le thé les maintenant si vous n'avez pas été en tdm n'avait pas fait de t d il avait effectivement locaux magistral sera plus difficile pour vous je l'ai écrit ici brièvement la loi de fitz vous donne le temps de mouvements pour aller pointer d'une cible vers une autre cible comme une fonction d'un index difficulté et cette fonction que j'écris ici et aime tant de mouvements est égal à  $aa$  qui est un nombre  $x$  l'index de difficulté plus  $b$  notre nombre c'est la même équation qu'une droite du type avec légale à  $1 \times x$  l'équation d'une droite donc c'est très simple même si vous n'êtes pas matin ça vous parle peu difficile vous pouvez être d'accord avec moi que c'est pas une relation mathématique est qui paraît très compliqué c'est une ligne droite est alors l'index de difficultés index difficulté là je vous renvoie vers le td index difficulté c'est le logarithme embase honteux alors au but 2 2 2 fois ans entre les cibles possibles si possible à gauche ici deux fois la distance entre les cibles / la largeur d'ici l'errance d'erreur l'erreur ternissent cellatex de difficulté et ça ça a été trouvé par paul fils compris comment vous pouvez quantifier la difficulté de pointage et voilà c'est une photographie ici on a une relation très simple qui nous dit quel va être le temps deux mouvements pour un individu donné aux jacques michel aurélien et c'est cette relation nous donne le temps de mouvements mais qu'est ce que ça veut dire ça veut dire que si vous donnez la nex difficulté vous le mettez dans votre équation est votre équation elle vous donne le temps de mouvements mais ça veut dire ça veut dire que votre équation avec juste le paramètre à qui la pente de la droite est le paramètre  $b$  qui la valeur à laquelle la droite intercepte l'axé vertical l'axé des ordonnées avec juste ses deux nombres vous pouvez prédire le temps que va mettre votre cerveau pour faire le chemin pour faire le contrôle moteur qui permet de faire un trajectoire entre une cible est notre cible ça correspond au fonctionnement de millions de neurones 2 millions de neurones donc on a d'un côté tissus biologiques très très très très très compliqué les millions de nos rangs mais on a de l'autre une loi du contrôle moteur qui a été découverte qui est très simple et qui décrit très bien ce qui est en train de se passer et qui permet même de prédire combien de temps va mettre le cerveau pour faire le pointage pour un individu donné si on a commencé à étudier cet individu on en trouve elle par  $m$  a et  $b$  de l'émotion on gueule nouvel index de difficultés on peut prédire théoriquement le temps de mouvement que va mettre cette personne on va faire quelques petites erreurs mais on va faire des erreurs qui sont finalement assez assez faible voilà donc on a d'un côté la complexité des mécanismes biologiques et de l'autre on peut arriver à trouver des lois du contrôle moteur qui sont très simples donc simplicité et complexité je vais continuer un petit peu dans cette direction on découvre des lois alors lesquels et pourquoi faire on découvre des lois par exemple la loi de fuite c'est une loi qui



permet de comprendre toute une catégorie de problèmes de d'action de tâches qui que j'ai résumé comment atteindre le cible je regarde la cible je regarde ma main j'ai mon bras j'ai mes contraintes mécaniques anatomiques j'ai un système nerveux j'ai un cerveau et je vais contrôler la trajectoire de demain vers la cible et je vais attraper par exemple cet état et ça ce que j'aime dans le triangle un peu rosies si c'est tout ce qui est la manche 118 donc quand je veux atteindre une cible il faut que je contrôle mon bras il faut que je contrôle mon buste il faut que je contrôle ma tête il faut que je contrôle mes yeux aussi le mouvement mes yeux il faut que je produise que génère jeu génère la trajectoire de ma main vers l'objet de verdun cible donc il faut que j'ai une vision qui me donnent des informations spatiales est-ce que je vais vers la ssi vos jambes des vies est-ce que je suis loin est ce que je suis prêt donc c'était la vision moderne de l'information sur l'espace et mon cerveau ici qu'est ce qui fait mon cerveau et bien elle contrôle la motricité toute l'activité musculaire et contrôler si tout le côté perception en temps réel millisecondes après milices le monde notamment la vision il lui dit est-ce que je suis non continue bouge encore bouge encore tu te rapproches te rapproches stop maintenant arrêter toi ralenti ouvre les doigts ferme les doigts donc le cerveau contrôle de la motricité et la vision de façon totalement intégré et simultanées voilà là lol la loi de fils elle est liée à ce problème et qui est un problème très très générale qu'on rencontre dans de nombreux dans mon nom alors quand on fait ça je vous ai fait un petit schéma ici vous avez donc la vision vous avez votre bras que j'essaye schématiser une façon un peu moche ici ça c'est le buste de la personne mais tant que la personne est assistée et puis on génère une trajectoire de l'objet et par un congénère cette trajectoire par un colon les muscles sont activés et le brass s'étend vers la tasse eh bien on a des retours sensoriel aux produits de l'information ont produit de la sensation au produit de la perception notamment de la proprioception on appelle parfois ça des feedbacks sensorielle feedback ça veut dire une information un retour d'information retour notamment sur la position et la vitesse de des différentes parties de notre bras et notamment de notre main et au nom si la vision qui nous donne cette information voilà donc on a un problème de perception est un problème de mouvements qui vont de pair c'était le dernier un dernier élément de ma deuxième diapos enfin ma première diaconu courpron tout ça étant au service d'un but je veux bois je veux boire une tasse de café je veux boire une tasse de thé donc j'ai un but et il va se passer tous ces mécanismes oui le diaporama sera sur un si on me donne je vais déposer sur le modèle d'une question de lerzy voile alors pour ce problème là la tâche de fitz et s'est imposé le coordination entre l'oeil entre la main qui va les verts dans le monde la question ici le monde c'est l'objet l'objet à saisir la tasse alors comment on apprend on arrive à réaliser ce type de geste ce type de contrôle moteur et bien parce qu'on a un certain bagage génétique qui va faire qu'on va avoir un bras qui va avoir cette structure là qu'on va voir des muscles qui ont cette structure là qu'on va voir ce type de cerveau et puis grâce à des apprentissages on va observer des adultes ou d'autres enfants autour de lucchi attraper des objets et ensuite grâce à cette imitation des autres quand on est enfant grâce à un mécanisme d'apprentissage basé sur l'essai ira ont à se tromper on va louper l'objet petit à petit on va l'attraper on va reproduire eh bien on va construire une coordination entre ces différents éléments la vision l'oeil le mouvement de la main à peu près la coordination du buste il faut se tenir droit pour tenir la tête en équilibre droite eh bien on va construire cette coordination par apprentissage voilà donc la loi de ficelle écrit tout ça alors c'est une loi simple c'est une loi simple et on va on va replonger maintenant le balancier va partir de l'autre côté je vais renvoyer le balancier l'autre côté et je vais je vais à partir de côté complexité donc on a une loi simple et je vous ai dit de l'autre côté on a beaucoup beaucoup de neurones qui sont qui sont actifs pourraient quand on

fait la tâche de fils ou quand on voit entre un peu d'objets donc le comportement lui le temps de mouvement on et d'équations simple qui décrit le comportement et l'universel marche pour tous les individus il suffit de trouver les paramètres a et b qui changent données individu à l'autre mais la structure de la loi deux fils elle ne change pas pourtant quand on regarde les mécanismes du logis que les aux échelles cellulaire pas l'échelle du comportement bien d'échelle plus petite au niveau des cellules ces processus ils sont composés de plein d'éléments ils sont très riches et c'est que souvent on désigne sous le terme de complexe d'autant pas seulement mais notamment et au premier rang de ces systèmes qui sont très compliquées ou complexes il ya le système nerveux alors pour illustrer sa pour lustrer ça je vais vous parler du cerveau humain et de quelque chose qu'on appelle le connectomes alors le connectomes et on a repris le même type de construction de logique de construction de mots que quand on a parlé du génome vous savez que quand on a parlé du génome on a parlé du bagage génétique de l'être humain son adn et là on a parlé de connecteurs lors le jeune homme sait faire la liste de tous les jeunes du corps humain et le collector s'était essayé de faire la liste l'entreprise s'est essayé de faire la liste de toutes les connexions entre les neurones dans un cerveau humain donc à connectique un connectique est aux mains comme dangereux donc connectés alors on a commencé la jouer ni d'une petite illustration et ensuite je vais montrer sur l'humain on a commencé à faire ça essaie de faire ça sur des animaux ou des insectes d'apparence est très simple alors par exemple à mouches à fruits vous savez cette petite rouge quand vos fruits sont restés un petit remontant à l'extérieur il ya des espèces de moucheron qui volent autour et c'est ce qu'on appelle des mouches à fruits qu'ils étudiaient énormément biologie en ont conscience et donc on a pris sept mouches à fruits et on a décomposé sans cerveau qui est tout petit avec des techniques d'imagerie cérébrale bien plus puissante que le scanner que vous déjà peut être vu ou l'irm que vous avez déjà pour être vu et on a fait une image en 3d de son cerveau et on a compté on a réussi à craquer pour ce petit cerveau les 20 millions de synapses 20 millions de synapses qui connecte les en moyenne 25 mille neurones de son cerveau et là on a ici je vous ai mis une image lui représentation graphique du résultat donc c'est des images qui sont rodés on peut les faire retourner il ya énormément de recherches depuis une vingtaine d'années sur ce sujet là donc là c'est des scientifiques américains de chez google et d'un campus universitaire qui travaillait pour faire cette cartographie oui c'est la cartographie la plus grande et avec la meilleure résolution de d'un animal vivant d'un être vivant qui qui peut qui peut bouger qui peut avoir des activités un petit peu sophistiquée donc voyez 25000 euros 20 millions de synapses oui les 20 millions de neurones de synapses ont été comptés vous inquiétez pas et puis elles ont été comptés par des parts des outils informatique et automatique il ya une technologie acquis qui inquiéterait très importante vous savez qu'on a compté le nombre de morts des toiles dans la galaxie dans notre galaxie et le nombre de galaxies dans l'ensemble de l'univers 20 millions c'est il y à il y à une centaine de milliards des toiles dans notre galaxie et il y à une centaine de milliards de galaxies dans l'univers wii donc les scientifiques sont suffisamment fou pour se coller à des équipes de 50 cents chercheurs et de compter les étoiles dans le ciel oui donc ça c'est les choses qui ces choses qui se font les choses qui peuvent se faire oui on va finir on peut avoir parce que vous avez un concept non c'est pas un concept c'est une réalité et donc au final on peut avoir parce que vous avez peut-être cours ailleurs ok alors maintenant si on essaie de le faire sur le corps humain alors là je vous ai des images des travaux ont peu similaire mais sur le corner alors que le corps humain on est beaucoup moins exhaustif donc là il y avait là mouches à fruits il ya vingt-cinq mille neurones mais le corps humain et à en moyenne je suis un adulte 100 100 milliards de neurones dans le dans l'encéphale 1 sans

compter la moins qu juste de lancer femmes dans ce communiqué rappelle le service 100 milliards de neurones et vous avez en moyenne dix mille connexions une synapse par le rhône 10 me donc il existe des millions de milliards de réseaux de neurones du cerveau des millions de milliards alors ici en couleurs on a représenté en utilisant des couleurs pour faire un peu des contrastes on a représenté cette connectique se connecte hommes pour le cerveau humain mais en étant grossier on n'est pas capable aujourd'hui techniquement de faire une cartographie complète comme on l'a fait pour la bouche à fruits il n'y a rien de plus compliqué aujourd'hui techniquement qui a été réalisé que le cerveau de la bouche rue d'hem 5000 euros aujourd'hui on n'a pas été capable de faire mieux que ça on n'a pas fait un char fait loiseau on n'a pas fait une souris on n'a pas fait un chien non on n'a pas fait un singe et on n'a pas fait un nom ce qu'on est capable de faire sur l'homme c'est beaucoup plus simple on n'a pas les 100 milliards de neurones et les millions de milliards de connexions entre nous mais on en a d e on est capable d'en identifier des centaines de milliers avec la technologie d'aujourd'hui quand il y en a envoyé ici qui sont représentées sur cette image donc ça c'est la complexité de notre cerveau alors je vais aller un peu plus loin et je vais aller un peu plus loin oui ce sont des estimations mais ce sont des estimations de bonnes institutions dont on connaît les rêves en rayon koné l'erreur de ses destinations qu'on est là l'intervalle de confiance en ses estimations il ya des méthodes pour faire ça on va faire de l'anatomie post mortem reprendre quelques millimètres cube de tissu on va faire le comptage anatomique précis à la main au microscope si vous voulez et ensuite on va extrapolé on va comparer les différentes méthodes et ont toujours une erreur mais on maîtrise cette erreur alors pour vous donner une idée encore plus vertigineuse de la complexité du simple donc envoyé 100 milliards de neurones en moyenne dix mille connexions par neurones vers d'autres mondes la question qui se pose c'est combien de réseaux de neurones peuvent être constitués dans ce cerveau qu'est ce que ça veut dire un réseau de neurones c'est une équipe de nos rangs comme une équipe de sport comme une équipe de foot l'équipe de rugby le handball le basket ce que vous voulez et les neurones de travail a dit qu'ils travaillent pas tous les trois une équipe dont qui se connectent par des synapses et ils forment des équipes la question c'est dans un cerveau humain est ce qu'on peut avoir une idée à peu près assez rigoureuse du nombre d'équipés possible alors qu'est ce que ça veut dire ça veut dire qu'il faut compter combien en a deux réseaux combien de l'équipe au possible alors imaginez un car extrêmement simple j'ai juste trois neurones alors les trois neurones combien je peux faire de réseau dont je peux faire le réseau ap peut faire le réseau ac je peux faire le réseau cd et puisque faire une raison avec les trois a baissé ça me fait combien de réseau quatre raisons j'ai trois 3 neurones et là j'ai 80 c'est un exemple de de réponse à la question combien de raisons je peux faire un réseau peu plus compliqué avec un quatrième du chrono et puis je me rends compte que c'est pas les mêmes réseaux donc je vais compter des réseaux en plus etc et on a fait ce calcul les mathématiciens des informaticiens ont fait ce calcul et ils ont trouvé que le nombre moyen de réseaux dans un cerveau c'était 10 suivi de un million d'euros 0 10 suivi de un million 2 0 ça ne vous dit pas grand chose mais maintenant vous allez comprendre que ça veut dire les physiciens les astronomes ont une estimation assez précise du nombre de particules qui composent de l'univers connu je le définis en pleine crise il est bien ce nombre de particules c'est un nombre qui est très très grand et qui est dit suivi de 79 0 qu'est ce que c'est qu'une particule considéré par exemple le nombre d'atomes pour faire simple l'univers connu c'est les 100 milliards de galaxies notre galaxie 100 milliards de soleils ou de chacun de ces soleil des planètes imaginé le manque de particules datant imaginer le nombre de particules sur terre sur la lune sur mars sur vénus sur saturne sur le soleil imaginez 100 milliards le système solaire l'imaginé 100

milliards de galaxies on compte toutes les particules les atomes et on arrive à  $10^{79}$  quand donc ces énormes et bien dans un cerveau humain le nombre de réseaux possibles ces  $10^{79}$  suivie d'un million de zéro donc c'est beaucoup beaucoup beaucoup beaucoup plus c'est un réseau ce sont des équipements ce n'est pas juste compter les éléments puisqu'il ya juste 100 milliards de neurones dans un sens vendus mais les combinaisons possibles le nombre de ces combinaisons est absolument absolument colossal de colossales chez colossal encore j'espère que vous avez suivi le raisonnement ça veut dire quoi ce à dire qu'on a un système nerveux d'une immense complexité immense complexité c'est très très compliqué et pour autant on peut trouver des lois comme la loi de Fitts qui décrit le très simplement le résultat du fonctionnement de ce système nerveux très compliqué le comportement voilà je vais vous quitter là dessus aujourd'hui on se donne rendez-vous à la semaine prochaine l'antimatière c'est une particule dont au petit matin on sait pas ce que c'est mais je ne suis pas je ne suis pas je suis pas physicienne je ne suis pas un instrument mais je ne sais pas exactement ce que les physiciens entendre plein antimatière mais ça c'est une autre question vous allez trouver là la réponse actuelle la plus actuelle les plus actuelles et des malbecs ailleurs que dans mon cours voilà je vous quitte et je vais vous dire la semaine prochaine pour le cours magistraux certains d'entre vous en été dès jeudi et vendredi on a fait une journée non ces mesures à voir merci au revoir au revoir au revoir au revoir il y aura messieurs

## CM 2

j'avais insisté sur le fait que le contrôle moteur peut se décrire avec des lois comme les classiques dans le domaine de la recherche de la science que ces lois sont simples qu'on peut découvrir des lois simples il cependant c'est très étonnant parce que ces lois simples sont produites par un système le le corps humain le cerveau le système nerveux notre volonté qui lui-même est très très compliqué et immensément compliqué notamment le système nerveux central quand on compte le nombre de réseaux de circuits de neurones impossible dans le cerveau sa rencontre qui est un nombre de circulations faramineux et pourtant ce système là s'organise et fonctionne de manière au final relativement simple quand on observe au niveau comportemental au niveau des mouvements au niveau des mouvements tendance qui nous intéresse puisque la motricité ce soir alors ça c'était c'était la première introduction et s'est particulièrement bien illustrée par la loi de Fitts qui est une loi simple qui décrit le tank mais le cerveau pour effectuer un pointage spatiale avec ça peut être avec les yeux ça peut être avec le pied ça peut être avec la main ça peut être avec un pointeur laser et qui résume une très très grande classe de comportement qui correspond notamment à l'essentiel des mouvements que l'on va faire avec les membres supérieurs dans la vie quotidienne saisir un objet pointer vers un objet pour était sur une tablette pour l'été sur un smartphone pointé avec le curseur de la souris sur un écran d'ordinateur pour les applications dans le monde donc voilà il cette tâche saint-eloi de Fitts facilement vérifiez même avec des outils de mesures simples rudiments tôt alors le deuxième télé je vais en parler rapidement d'allaiter démarré hier et vient aussi un télé aujourd'hui alors c'est la suite de la loi de Fitts et une partie du teide porte sur des interprétations de Fitts c'est cette relation entre le temps de mouvement et la difficulté de pointage la difficulté spatiale le pointage donc il ya plusieurs plusieurs interprétations scientifique théorique qui sont complémentaires qui sont très très différentes qui sont très intéressantes et puis la deuxième partie du teide et il s'agit de mesurer les

mouvements de manière à pouvoir ça qu'il faut aussi les courbes des vitesses en fonction du temps pas seulement le temps deux mouvements qui est un résumé de la performance du comportement mais d'enregistrer les positions du doigt ou de stylo en fonction du temps de manière à pouvoir calculer les vitesses en fonction du temps et éventuellement aussi les accélérations dans le tdr vous avez vu il y avait une partie qui portait sur les pointages avec les deux mains un pointage manuel c'était les expériences a réalisé par scott quel sol collaborateurs publiée dans science en 1979 et dans une expérience en 1979 il avait enregistré les positions des doigts en fonction du temps vous avez dérivés pour trouver des vitesses et les accidents sion donc ça dans le télé 2 vous allez me faire et pour ça vous allez prendre en main le logiciel qui est très simple il s'appelle qu'innover un logiciel gratuit qui permet de mesurer des positions dans le temps à partir de vignes ou alors par exemple ça c'est un enregistrement vidéo d'un pointage entre c'est possible ce que veut le td reconnaissez-le deux premières cibles et le droit ici est en train de pointer à gauche et à droite d'une cible à l'autre fait quelques quelques allers retours je vais pas rentrer dans le détail c'est quelque chose que vous allez apprendre pour le td dans le td c'est très important d'être capable d'utiliser des soutiens comme ça quand vous voyez le logiciel ici alors moi je n'ai pas d'idée le curseur de poursuite du mouvement sur l'ongle parce qu'il priait le système de poursuite automatique du logiciel se perdaient à cause des reflets donc je l'ai aimé un peu plus sur le doigt un endroit où il n'y avait pas de reflet la poursuite automatique se fait très très bien c'est à dire que c'est le logiciel vous savez juste à lui indiqué à la première l'image à quel endroit quelle partie du corps vous voulez poursuivre et il fait lui-même la poursuite et à la fin ils vous donnent sur un tableur donc un que paramètres à régler mais c'est très simple il vous donne ensuite sur un tableur comme vous voyez maintenant sur cintres diapos une colonne de zurich si nos colonnes sur y soit si je vais ouvrir les exporter les données et je vais vous faire ça avec le logiciel excel où ça peut être faire n'importe quel tableau donc vous avez les positions sur le plan du de l'écran donc le plan de la feuille puisque c'est un film qu'il ait vu leur position sur exposition sur y ici le x correspond à la distance entre les deux cibles la direction entre les deux il donc c'est la direction qui nous intéresse le plus la direction de latéral nous intéresse moins comme si je reviens en arrière la direction qui nous intéresse c'est celle ci et là dessus ça c'est x tel que le logiciel a défini et la composante y sur le planquer perpendiculaire ce soit un déplacement latéral du doigt qui nous intéresse au monde ce qui nous intéresse c'est ce qui se passe est une cible l'autre donc c'est la colonne ticks et puis le logiciel aussi le donne le temps cumulé ang lee secondes donc on peut un peu [Applaudissements] on peut obtenir le temps en seconde c'est ce que j'ai fait ici créer un colonne obtenue le temps en secondes et ensuite on peut accueillir la vitesse pour chacun des instants utilisant une formule classique qui est dans tes ici dans cette première case je prends la position l'instant t je soustrais la position à l'instant t walls instants précédant vous voyez la cellule hasselt policiers 42 soustrait la position idéale 41 et je divise par l'intervalle de temps et qui est de 33 min secondes et je divise tant mieux pour le moment seconde j'ai démarré le covan je parle du teide mais le td et le gros magistrats sont complémentaires et comme il ya beaucoup il y en a beaucoup d'entre vous qui n'assiste pas au td ça ne va pas mais aussi de les alerter sur le fait que le cours magistral s'appuie largement sur le titre alors une fois que j'ai fait ça j'applique eu cette formule sur l'ensemble des positions ayant prenant tous les intervalles de temps et je peux avoir une cour de la position de la vitesse sur x en fonction du temps ici donc ici j'ai plusieurs pointage successifs le film faisait plusieurs points de tâches à gauche à droite gauche droite et il y à des vitesses qui sont négatives des vitesses positive puisque chaque fois que je change de direction la vitesse change de signe

donc ces normes ce que je peux faire aussi c'est un graphique comme une secte en dessous où je mets dans le graphique la position donc la commande x ici la polo noir et la vitesse pourquoi on ne peut ici il ça va me donner une superposition des trajectoires des différents points tâche je vais revenir ici donc ici vous voyez j'ai la vitesse en fonction du temps sur x premier pointage deuxième pointage troisième pointage quatrième pointage 5e 6e 7e et c'est donc là je pointais dans une direction la vitesse est positive je reviens vers la cible de pas assez négative je reprends à travers la cible de droite la vitesse est positive je re pointe vers la cible de gauche je reviens vitesse négative et c'est pour ça que je positive et négative si je joue je vais revenir sur le zoom sur les pointages les pointages qu'est ce que je vois jamais isolé ici 3 1 2 3 la vitesse toujours en fonction du temps vous voyez ici les vitesses négative donc c'est ce pointage il ce pointage ici je vais de la cl de gauche vers la cible de droite par exemple la direction est arbitraire et la vitesse positive ici chevet de la cible de droite vers la cible de mouches alors qu'est ce qu'on voit on voit le pic de vitesse donc une vitesse maximale qu'elles soient négatives ou positives je vois un pic de vitesse ici un pic de vitesse ici un pli de 8 à 6 6 qu'est ce que je vois je vois ici une vitesse qui est proche de zéro ici le prolifique ce qui est proche de zéro ça veut dire que je suis sur une cible quasiment à l'arrêt et ici ça veut dire que j'ai atteint la cible et je suis quasiment à l'arrêt je vais repartir dans l'autre sens je suis arrivé sur le cible ici et je vais repartir la cible passe de l'autre côté donc je suis sur la cible je mens mouvement se déroule et j'attends la cible suivante qu'est ce qu'on voit on voit que la première partie de la trajectoire de la vitesse ici jusqu'au pic de vitesse est très raide et la deuxième partie est moindre qu'est ce que ça veut dire ça veut dire que j'ai atteint le pic de vitesse pas la moitié du mouvement de la durée du mouvement mais plutôt dans le mouvement et ensuite j'ai des vitesses plus faible quand je me rapproche de la cible si vous lisez le chapitre de feynman vous allez voir que la pente de la vitesse c'est quoi c'est la dérive et de vitesse dans ses accélérations qu'est ce que ça veut dire ça veut dire que j'ai une accélération plus forte dans la première partie de la trajectoire une accélération plus faible dans la deuxième partie des trajectoires pourquoi parce que j'ai une pente ou plus élevé ici que je retrouve la même chose ici même si c'est moins sensible et je retrouve visuellement c'est à dire on nous voit moins bien et pour le troisième étage qui représentez ici je retrouve un peu aussi de nouveau on le voit visionnant le vérifier qu'on pourra le vérifier plus aisément avec des calculs lapentti 6 hébergement plus raide que l'on compte ici alors qu'est ce qu'on apprend aussi on apprend on apprend que les mouvements des différents pointages sont similaires ne sont pas exactement les mêmes il ya des petites variations et on voit qu'il ya des petites fluctuations du vitesse et de pente de la courbe de vitesse en fonction du temps alors si je superpose dans les différentes les différents pointages si je fais une figure cette fois ci un nuage de points en prenant la pole position et la peau de la politesse je vais avoir cette figure et chaque pointage en fait va correspondre des rotations sur cette figure donc j'ai retracé les cibles ici on perd sur la verticale et l'opposition et sur l'horizontale aux mails vitesse alors sur les positions la vitesse athènes 0 on l'a vu sur le graphique sur les cibles ici sur les cibles la vitesse a atteint 0 parce que le mouvement s'arrête brièvement puis si j'aimais vitesse qui soit 0 ici j'ai mes vitesses négative qui vont dans une direction ici mais vitesse positive qui vont dans l'autre direction et sur l'axé vertical j'ai la position donc une cible est positionné à zéro c'est parce qu'on avait choisi notre référentiel les axes de manière à ce que la première cible gauche 3 0 et la deuxième cible est à peu près à 400 espaces il s'agit de mm probablement il s'agit de me voir ou alors de données de position arbitraire je ne pouvais pas vraiment les chaînes mais pour nous c'est important alors je pars de la première cible et je vais vers la deuxième cible puis je vais dans l'autre direction opposée et juge donc lady fitness

négative je pars de la cible droite et je vais vers le site de match j'ai retracé ici de nouveau le pic de vitesse qui sont atteindre à peu près dans cette zone ici à peu près dans cette zone ici qu'est ce qu'on voit les pics de vitesse sont en train dans la première partie la trajectoire de nouveau et quand je vais dans notre direction c'est la même chose j'ai bien assez rapidement le maximum de vitesse et ensuite je ralentis qu'est ce que ça veut dire c'est que je ralentis pour être précis sur la cible donc j'accélère surtout au début et ensuite j'accélère en moins j'atteins le pied des vitesses assez tôt il et puis ensuite je ralentis pour être précis pareil delà de la cible ce que je vois alors vous regarderez un peu vous pourrez lire ce qu'ils initient à manquer sur le côté on voit que la forme générale du mouvement est similaire comme je disais données d'un pointage à l'autre elle s'efforce aussi structure ici on a une espèce de cercle on peut déformer qui n'est pas un cercle parfait qu'il n'espère dorval parce que les pics de vitesse sont atteints plus tôt dans notre victoire je vais moins vite quand je me rapproche de la cible mais s'il ne forme qui est reproduite le site à l'autre pour atteindre votre par contre vous voyez les variations il n'y a pas une superposition des trajectoires parfaites il ya de la variation il y a de la variabilité donc chaque mouvement est différent mais il y a une structure générale commune à chaque mouvement et ça aussi c'est un invariant d'accord donc ça c'est une aide variant il y a une structure générale variantes mais ils ignorent et variations climatiques c'est à dire position vitesse accélérations je vais c'est diapos je vais les rajouter je lisais pas miser sur et parce que je vous ai fait ce matin est jamais exactement les mêmes mots nous ment varian c'est un album très importante et revenir à une structure commune on répète la même action mais il ya toujours des changements des variations est ce que vous avez vu quelque chose qui dans le cours de didier de lignières qui vous rappellent cette distinction entre une structure commune à tous les mouvements de la même catégorie par exemple ici c'est la catégorie pointage il y aurait des catégories marche il ya deux catégories cause des catégories avec des mouvements sportifs peu compliqué donc une structure commune et à côté des variations d'un mouvement dans l'autre qui est le mouvement n'étant jamais dans le cours de billets de ligneurs vous avez vu quelque chose qui fait quoi ça puisque quelqu'un peut me répondre soit dans le chat soit à l'oral ben on en a vu une expérience où il y avait des des des choses qui s'allume et quand le doigt il été relâchés et du coup le un certain moment je me rappelle plus trop mais un certain moment l'action du sujet elle ne pouvait pas d'avariés d'accord alors un autre aspect qui a été dans le chat qui est aussi il ya un marché c'est là l'idée de schémas moteur alors dans un certain cadre théorique que le cadre théorique de la théorie des schémas de et cherche ligue 2 qui date de 1975 l'idée d'une structure générale commune à différents mouvements c'est l'idée dans le schéma moteur dans la théorie du chemin exactement ça il y a un schéma moteur il y aurait un schéma motors est une théorie public qui d'ailleurs n'est plus trop utilisé de nos jours ont pour ainsi dire allez passer deux mois devrait quand même lui les heures de gloire des années 70 80 aujourd'hui on parle plus trop de schémas mentaux mais cette idée est très intéressante il ya une structure commune et puis ensuite cette structure commune où est instanciés exécuté spécifié précisé pour chaque mouvement individuel avec quelques variations donc c'est que je sais que vous êtes ce que vous voyez ici avec quelques pointage tout simple une petite vidéo qui n'auraient ans et quelques graphiques vous pouvez faire ça en dix minutes de votre côté et c'est ce que vous allez apprendre à faire pendant l'été c'est ce qu'il faut savoir ferme à l'issue de ce cd ou de façon individuelle faut être capable de reproduire ces formule 1 ça prend 10 minutes une vidéo qui nommé à elle un tableur une dérivation faisant quelques que je vous indiquais un graphique avec un nuage de points et vous voyez le chien d'un moteur qui apparaît sur l'écran où la structure pour le dire de façon moins théorique la structure invariante sans

forcément parler de chez nos moutons ok l'oxer de diapos l'a63 rookie louvain a en somme si elle sert pas à grand chose celle ci a cédé deux choses que vous allez avoir un td est la suivante je vais je vais rajouter cette version du du diaporama au jeu et puis celle de m6 puis le 20 mai d'interpréter oui on fait pas le même mot on ne fait pas le même mouvement deux fois d'affilée mais sur un intervalle sur gagne si on attendait car on peut faire deux fois le même mouvement non on échappe on n'est pas capable de faire exact qu'un jeudi exactement c'est exactement 1 c'est à dire il peut la différence peut être très très faible la différence entre deux mouvements peut être de quelques millimètres oui quelques petites variations de vitesse mais ce n'est pas exactement le même c'est ça que je veux dire c'est à dire on parle de petites variations c'est subtil oui mais quand on a commencé à mesurer de façon précise le mouvement on s'est rendu compte de choses qu'on ne voit pas les lui elle quand vous faites vos boîtes âge sur les cibles vite à l'ONU voyez rien savait pas où le pic de vitesse ou en des comptes sur 2 cm de mouvement ça n'est pas olympique de vitesse il est au milieu il est juste entre à la distance à équidistance des deux cibles où il est plutôt vers la fin allait lui on voit rien donc il faut il faut les mesurer quand on a commencé à mesurer du mouvement s'était pas simple dans les années 30 dans les années 40 dans les années 50 c'était difficile de mesurer du mouvement de façon précise aujourd'hui c'est très simple vous pouvez le faire avec votre téléphone et avec qui nos rayons et en 1979 quand scott qu'elle soit fait ses expériences sur le pôle tâche avec des deux doigts à cette époque là c'était là non plus n'était pas encore facile de faire ça pour nous aujourd'hui techniquement c'est beaucoup plus simple mais en 1979 c'était encore compliqué il y avait aucun algorithme de logiciels de poursuite automatique il fallait faire tout image par image donc ça prenait beaucoup de temps donc il faut mesurer pour voir et avant connaît ces outils pour mesurer on savait pas que le mouvement n'était n'était jamais exactement le même on avait l'impression qu'il était parfaitement stéréotypes et à l'oeil nu c'est exactement les mêmes mouvements pendant les pressions que exactement le mouvement qui est un jeu comptable la différence mais quand on mesure on voit que les petites fluctuations de vitesse des petites fluctuations de position valid ça fait ressortir les mariages qu'on ne voyait pas avant de mesurer et donc on a compris que le système nerveux et nos muscles ne produisent jamais exactement le mouvement on a appris ça mais on ne pouvons ne pouvait absolument pas le confirmer ou le penser précisément avant de faire les besoins vous voyez et avec des mesures simples qui aujourd'hui sont très simples et bien on peut on peut s'en rendre compte ok et ça c'est une propriété fondamentale du mouvement et ça nous le salon montre que tout le système biologique cerveau depuis le cerveau jusqu'aux muscles ne reproduise jamais exactement la même chose on va comprendre un peu beaucoup alors je reviens car je reviens dans la complexité tu reviens la complexité la l'immense richesse de notre système nerveux système nerveux instable on va y revenir vous allez voir nicolas je vais définir d'ailleurs ce que c'est que stable et instable et je vais je vais vous proposer une théorie très actuel très puissante qui permet de comprendre pourquoi ils ces variations même si elle ne rend pas compte de tous les phénomènes de contre monde donc on a un cerveau qui est très compliqué et de l'autre se rencontrent qu'on peut trouver dans certaines cas de figure quand on est malin dit qu'on allait bonne mesure on peut trouver des lois simples et donc des droits compréhensible qui nous indique que quoi qu'ils nous indiquent que des mécanismes relativement simple président dirige le contrôle mental et que ces mécanismes sont universel c'est à dire qu'on va les retrouver données individu à l'autre avec quelques variations mais des points communs corps on pourrait croire avec un cerveau aussi complexe que chaque individu est très différent est incomparable vidéo d'à côté ce n'est pas grave il ya des points comme il ya de très larges



pour le groupe il y a les différences il ya une très large concours voilà ce qu'on a pu alors commencer comment ça se fait qu'on passe de cette complexité à cette simplicité des comportements la solution c'est la coordination et c'est le problème fondamental du contre la montre la coordination qu'est ce que ça veut dire le problème fondamental ça veut dire comment les mouvements sont coordonnés quand on veut comprendre le contrôle moteur et bien il faut comprendre le problème principal à comprendre c'est le problème de la coordination alors cette question de la coordination elle n'est pas nouvelle je vous aimais ici quelques références vous voyez il ya des références qui date du début du siècle précédent par quelqu'un qui a fait une contribution énorme à l'étude du système nerveux qui s'appelait sherrington a notamment inventé le concept et la théorie des réflexes ensuite il ya en allemand qui a énormément contribué aussi à l'étude et de contrôle moteur du comportement qui s'appelait von roll ce eric von roll qui a étudié l'animal et l'humain il y a un anglais qui s'appelle ashley qui a aussi un élément étudié contribué à l'étude du comportement humain et qui acquit à dégager les principes très très intéressants et importants et puis avait un virus aussi dont l'image est dit ici qui s'appelait nicolas bernstein qui a fait ses travaux dans les années 30 40 et qui ces travaux ont été accessibles en langue anglaise dans les années 60 70 après après que c'est c'est qu'on est sensé est franchie ce qu'on appelait le rideau de fer vous savez pendant la seconde guerre mondiale et à la fin de la seconde guerre mondiale et une séparation du monde entre deux blocs le bloc de l'est soviétique et le bloc the west plutôt américain on va dire pour résumer le monde occidental donc ça ce sont des grands de référence alors le problème de la coordination c'est quoi là je vais je vais jouer un peu avec vos nerfs et je vous ai choisis une définition de kelso alors qu'elle sauve le lait le lait viande et dépassé celui qui a fait les expériences en 79 sur la coordination entre les deux mains la tâche de fuite et qui a compris que le disque contrôler le cerveau dans la coordination pin manuel c'était la nuit c'était le tempo tempo des mouvements dès demain c'est la variable essentielle que dès que contrôle le cerveau au cerveau se facilite la tâche alors lui la dcri c'est un des plus grands contributeurs à l'étude de la coordination et il a écrit ceci je vais vous le traduire le comportement des animaux et des gens sont ordonnés de façon fonctionnelle et je vais je vais développer un petit peu de farce fonctionnel sous forme de structure alors en français en traduire sa part patron ses structures ses patrons en sang spatio temporelle et ses structures elles apparaissent dans un système qui a de très nombreux éléments des composants nerveuses musculaires et métaboliques ou physiologique donc son la lune et ses éléments chacun fonctionne au pair à des échelles différentes des échelles de temps différentes y en a qui sont rapides il y en a qui sont plus lents alors qu'est ce que ça veut dire fonctionnellement au des patrons dans l'espace et le temps et je vous donne la traduction au fur et à mesure des patrons dans l'espace et le temps qu'ils sont hors domaine une structure mais c'est ce qu'on a vu avec notre nos courbes gts position avec la tâche de pointage et qui sont fonctionnels qu'est ce que ça veut dire fonctionnel fonctionnel ça veut dire que ces mouvements ils sont dirigés vers des buts la fonction ici est comprise au sens de pour l'animal c'est l'un des buts de survie ne pas être rattrapé par un prédateur éventuellement attraper des proies se nourrir boire se reproduire trouver un endroit pour dormir parcourir sans son territoire ça c'est la fonction chez l'animal ou chez l'humain c'est beaucoup plus sophistiqué ça peut être des buts tout simple de même de jeu qui nous parle une fonction passe absolument capital pour notre survie donc ça servirait de fonctionnel c'est patrons sont toujours fonctionnel alors des composants qui opère des à des échelles de temps en différentes différent armstrong et qu'est ce que ça veut dire bien sympa ça veut dire par exemple que quand on fallait on commence à faire des mouvements notre repas cumul était

fatigué cette fatigue elle va éventuellement monter en quelques minutes alors que notre roi 2e fonctionne avec une échelle qui correspondrait plutôt à la milliseconde puisque un potentiel d'action ça dure une milliseconde donc le métabolisme je prends un exemple la fatigue peut s'établir en quelques minutes celle-ci de l'exercice est intense elle peut établir très rapidement quelques dizaines de secondes vous pouvez avoir une fatigue est très importante c'est à dire une baisse de la performance ainsi vous suspendez si vous êtes un grimpeur comme moi si je prenais sur des petites prises vraiment très petit en l'espace de 15 secondes n'arrivait plus à tenir la prise ça c'est l'effet d'une fatigue un type de fatigue physiologique donc vous avez la fatigue et peut s'installer en quelques dizaines de secondes ou en quelques minutes alors que les neurones fonctionne à une échelle de mes dix secondes ils sont beaucoup plus rapides et donc dix faits échelles de temps ça rajoute un peu de complexité dans la structure de ce système alors cette mise en ondes en sous forme de patrons se forme de structure et elle est telle que nous sommes la plupart du temps capable de le classer les structures par exemple quand on regarde les déplacements d'un cheval on est capable de me dire c'est du trot eux c'est du carreau que c'est du pas que c'est un saut donc on est capable de classer de reconnaître c'est pas trop la même manière pour un être humain on est capables de reconnaître et de la marche aussi c'est de la course on est capable de dire que c'est un mouvement avec une seule main ou un mouvement avec deux tout un tas de choses comme ça qu'on est capable de classer et le fait qu'on soit capable avec la séance et permis parce que parce que ces structures sont coordonnées ce sont vraiment des structures alors de la même manière on est capable de placer les sons analogiques capable de classer des sons des phonèmes comme disent les linguistes ils sont élémentaires qui serait commune dans différents langages donc ça c'était pour élargir un peu quel sort pour élargir un peu le domaine d'application il aussi à la prononciation des de phonèmes de sang dans le cadre du langage alors étant donné le la généralité et là le fait que ces comportements coordonnées sont vraiment très fréquent on les rencontre de façon absolument fréquentes systématique en venir ça c'est le terme ubiq utile en anglais étant donné le fait la rencontre systématique de ces comportements coordonnées dans les divisions vivant dans les choses vivantes dans les êtres vivants monde irait dans les êtres vivants on se on se dit on se dit on pourrait s'attendre à ce que déjà il y à de nombreuses années on est découvert les bases scientifiques sous forme de lois de ces comportements étant donnée la généralité et la fréquence avec laquelle on va observer ces comportements coordonnées chez les êtres vivants on aurait pu s'attendre à ce que les bases scientifiques sous forme de lois simples qui permettent de comprendre ce comportement aurait été découverte il ya de nombreuses années mais ce n'est pas le cas ce n'est pas le cas on commence à peine depuis depuis les années 80 fin des années 90 ans commence à peine à comprendre les lois de la coordination les lois qui explique la coordination c'est une bonne traduction de chloé qui a envoyé une traduction et je pourrais je pourrais vous donner la femme étant donné alors je vais répondre à tout le monde et en général fortement et coordonnons et l'explication scientifique patiente c'est à dire ça conflit soit découverte depuis or ces lois c'est à dire qu'on n'est pas aujourd'hui on n'a pas aujourd'hui des lois scientifiques qui nous permettent de comprendre précisément et de façon très puissante et efficace la relation entre une fonctionnement de millions de neurones et un comportement moteur qui on dispose pas même pour les mêmes pour les êtres vivants les plus simples même pour les êtres vivants les plus simples voilà on sait les choses appris énormément de choses mais on n'en est pas au stade en grand comme dans la physique par exemple pour prendre une analogie où on a des lois qui nous permettent de passer d'une mesure du comportement une mesure du cerveau et de comprendre exactement les relations

entre les deux alors que l'or physique et bien on a des lois qui nous permet de comprendre les relations entre les niveaux atomique par exemple de la matière et le comportement la raideur de de l'objet qui contient tous et toutes ses attentes on sait pourquoi gaz et fluide pourquoi liquide et fluide coin solide et est rigide quand on change la température on comprend qu'on passe d'un état de la matière un entretien matière en prenant en compte des composants qui sort des échelles coûte quitte contenues dans l'objet qu'on est en train de l'écuyer ce genre mais aujourd'hui en neuf anciens ce n'est pas encore capable de faire ça pour le contrôle moteur et pour d'autres fonctions alors je veux aborder un élément ici intéressant c'est que c'est que les comportements la coordonner les patrons de coordination il repose sur un apprentissage il repose sur une répétition parfois quand quand on est petit enfant est parfois l'âge adulte quand on pratique une activité quelle qu'elle soit sportive artisanale musicale artistique qui engage les mouvements du corps donc les mouvements repose libon mouvement repose sur la répétition il faut répéter les tentatives et à travers cette répétition on découvre de façon consciente ou inconsciente s'est pas vraiment important les bons ou venant des mouvements qui sont suffisamment efficaces et c'est ça qui est la base de l'apprentissage donc on répète nos mouvements alors sur ce schéma ici ce cette diapositive génie coin langlois tgv le système nerveux donc un petit rappel du système nerveux avec une nouvelle image et je vais je vais faire un autre partage d'écran pour vous illustrer une lotion anti importante pour la protection l'apprentissage donc on a notre système nerveux dans notre système perceptif on a notre système mouvement notre corps notre droit notre bain et puis ici je reprends le 4 et 5 pour pas changer de k2 le cas de figure mais c'est vrai pour tous les mouvements on veut cegid saisir un objet alors on va essayer de saisir un objet qui est dans le monde alors ici c'est une tasse ça pourrait être un partenaire un autre être humain ça pourrait être mon adversaire c'est en train de se voir un partenaire dans la vie quotidienne ce printemps tout un tas de choses dans le monde la barre la barre fixe 1 en gymnastique une raquette enfin le volant de la voiture et les voitures et le trafic autour de la voiture autour de nous ça c'est le monde que l'on perçoit et en magie dans ce monde là et on a un aller retour entre les actions que l'on fait dans ce monde et les transformations de notre système nerveux c'est en agissant dans le monde que notre système nerveux appelle se transforme est plus adapté que le connect sommes entre neurones et les zones du cerveau peut se modifier je vais y venir la vie donc ronde à se rendre à cette dualité assez c2c de ces deux éléments on agit dans le monde en faisant des tentatives pour réaliser un but et notre site et on répète c'est dans un team et notre système nerveux à chaque tentative il c'est de trouver des bons mouvements et lui-même se transforme et les connections entre les neurones change elle change de façon importante ou échangent de façon faibles mais elles sont en permanence en train de changer quand on répète c'est ça l'apprentissage encore donc c'est ce que j'aime ici en orange il ya les reconnections et je vous demanderai à mon petit petite illustration il ya des reconnection il ya ce qu'on appelle une plasticité cérébrale ou terme qui est utilisée csu de plasticité cérébrale comme de la pâte à modeler pour peut-être vraiment de l'ailé sa forme peut changer les connexions entre les neurones de change peuvent changer quand c'est le connector qui se transforment pas de façon extraordinaire c'est pas la révolution tout les millisecondes mais le connecteur de se transforme c'est ce qu'on appelle la plasticité cérébrale et cette plasticité c'est celle qui nous permet d'assurer les nouveaux mouvements lui construire des nouveaux mouvements de changer un petit peu l'autre nos mouvements et c'est m6 qui nous permet de mémoriser le mouvement le réseau de neurones constitué peut rester de façon relativement permanente dans notre cerveau et le jour suivant on peut réactiver ce réseau de neurones et va produire à mouvaux quand donc c'est

fondamental d'avoir sa esprit c'est pas un cours de neurosciences que je fais ce semestre à ça je le ferai en l2 mais c'est important de comprendre que j'ai parlé de complexité il faut parler un petit peu de ce qui se passe dans le cerveau pendant que je fais des mouvements d'accord donc quand j'établis un patron de coordination quand j'apprends un patron de coordination il ya forcément dans mon cerveau des reconnexion qui sont en train de se faire le connecteur ne se modifie sensiblement alors là la 10eme cieux si on répète un truc fort correct on aura un mouvement de fond est pas complet oui alors il me semble que c'est un peu nécessité si tu fais un truc faut un truc faut oui oui ça mais non ça s'appelle une tautologie c'est-à-dire un raisonnement logique qui n'est jamais faux ce que tu ce qui tue avec cissé faut alors c'est faux oui si tu répètes un mouvement il faut alors culture est avec un mouvement fort mais ça veut pas dire que tu n'apprends pas même en faisant des erreurs au contraire c'est en faisant des erreurs qu'on apprend c'est très rare d'apprendre sans faire d'erreur l'erreur permet d'apprendre l'erreur est la chose fondamentale qui permet d'apprendre l'erreur est totalement positive l'erreur est souhaité et souhaitable c'est grâce aux erreurs qu'on apprend le plus parfois on apprend en ayant fait le geste très très bon et presque parfait on se déroule au large le bon modèle et je vais essayer de reproduire au sein et si donc la plupart du temps on s'est dit tiens là j'ai fait une erreur je vais essayer de ne pas la reproduire c'est l'erreur qui nous apprend donc l'erreur est fondamental pour apprendre c'est elle qui nous fait progresser c'est qu'on me donne ce tacle qu'il faut franchir c'est d'ailleurs assez fascinant ok donc on a vu ça et je vais vous montrer je vais vous montrer un petit clip donc je vais changer de de partage a lancé pas c'est vraiment une image très courte faut juste que je le retrouve [Musique] ok je vais faire un nouveau portage je vous mettre cette petite animation est ce que vous la voyez oui alors vous voyez sur cette toute petite animation ça va un peu vite les mêlées reproduite à plusieurs fois donc vous voyez ces lumières en fait c'étaient ses services itunes symbolisation il n'y a pas delignières dans le cerveau est juste pour faire une illustration qu'on voit les choses sur une animation s'est lui bien c'est ce qu'on appelle les flux nerveux où les potentiels d'action les les zones alors vous avez des espèces des toiles qui sont représentés ce sont des neurones qui n'ont pas de zone pas toujours cette structure une certaine rendront cette structure là et ils ont des branchements qui sont des axones et de neurones peuvent être en contact avec une synapse et avec d'un côté des synapses jackson et de l'autre côté ce qu'on appelle les bric mais c'est pas un c'est pas très intéressant donc une extrémité l'autre rooney et de deuxième rang et donc vous avez les potentiels d'action qui circulent admettez que vous soyez en train admettons que vous soyez en train d'apprendre un nouveau geste et dans votre cerveau il ya des millions de drones qui sort actifs qui échangent des signaux des potentiels action et vous voyez peut-être des synapses qui se défont les voiliers et les synapses qui se font sur cette illustration il ya des synapses qui disparaissent et dessine à son contraire qui apparaissent des connexions qui se font vous le voyez ça oui d'accord donc ça c'est le mécanisme de plasticité c'est le mécanisme de plasticité c'est le collector qui entraîne de change et maurice et ça peut être tout petit ça peut être juste deux petites si la sortie de this in apps parlant serre produits par des milliers des centaines de milliers voire des millions de fois dans un cerveau humain quand vous apprenez mais voilà un peu le le support de l'apprentissage voilà ce qui est en train de se passer dans votre cerveau quand vous êtes en train de répéter des tentatives de chercher une bonne solution ou une meilleure solution quand c'est une illustration ce que j'appelais la plasticité cérébrale oui on va faire une pause une petite pause ok alors je vais reprendre je vais reprendre mes diapos voilà donc ça c'est la plasticité cérébrale les connexions les reconnexion alors de façon intéressante quand une personne quand vous êtes blessé vous êtes cassé un os du bras cassé le poignet vous avez

été plâtré pendant trois semaines et puis vous enlever le plâtre et bien que l'agent qui pendant quelques minutes voire quelques heures il ya certes un mouvement qui va falloir un peu réapprendre pas de pas en partant de zéro mais il va falloir un peu réapprendre ce que votre bras avec un peu raide donc vous pouvez pas bougé de la même manière car une personne a fait un accident cardio vasculaire cérébral autre très grave dix-sept personnes il faut qu'elle ré après d'en faire les mouvements alors que son cerveau a été lésé partie de son cerveau a été détruite et donc il faut bien apprendre il faut que le cerveau réapprennent à contrôler le bras par exemple quand même personnage et perd une partie de ses fonctions musculaires ou perceptive par exemple tactile et que les informations circulent de façon plus lente dans son système nerveux entre sa moelle épinière et son cerveau et bien il faut qu'elle réapprennent un petit peu à bouger à faire un sans mouvement donc il faut qu'ils aient une plasticité cérébrale moi je le vois dans ma pratique sportive avec l'âge en vieillissant je n'ai plus la souplesse et la vitesse et la force la coordination que j'avais quand il y avait 20 ans et donc il ya certains mouvements il faut que je trouve d'autres solutions pour y faire quand j'ai mal quelque part quand j'ai une inflammation une tendinite ou une fatigue musculaire je fais les mouvements un petit peu différemment et cela va entraîner une plasticité voilà donc on va faire une petite pause je vous propose une pause de dix minutes et on va reprendre c ou qui en cours alors on a eu là tout à l'heure dans le chat tac tac tac monsieur gestion s'il vous plaît oui j'ai regardé sur internet connectée et j'ai vu c'était mais c'était dans le cerveau des animaux mais qu'ils ont cinq humains ah d'accord oui illégale au népal [Musique] nous connectons humaine et animale voilà beaucoup d'espèces différentes espèces de petits verres qui sourit elle à la mouche de fruits dont je parlais lesage différents types de singe beaucoup le macaque et puis l'être humain aussi sur l'être humain avec des techniques non invasives et notamment à des techniques qu'ils sont en partie cocorico développer en france depuis hier trente ans on à l'institut de recherche pas très loin de paris qui s'appelle neurospin qui est dédié à l'étude des mesures du système nerveux humain et animal alors les propriétés élémentaire de nos de nos actions alors il y avait je disais juste un chine nicolas roux disait me disait le chat ça vienne de quoi du goût du fait qu'on ne fait pas deux fois le même mouvement rappelez vous on fait pas deux fois le même mouvement pas exactement le même mouvement peut-on parler d'un système nerveux instable non on ne peut pas parler d'un système nerveux instable parce que s'il était instable au sens strict il faut avoir une bonne définition de ce que ceci est stable et instable si le système nerveux abl ils ne pourront pourraient jamais reproduire la même action un système nerveux instable ne pourrait pas assurer des fonctions ce serait un gros passé mon expression n'importe quoi à chaque fois collectés les autobus musculaire ou pas ça peut être en partie dû au tonus musculaire il ya de multiples contributions et alors le tonus musculaire il faudrait définir un petit peu mieux mais ça peut être une fin il faudrait définir ça peut être un contributeur de variations dans le mouvement du tonus musculaire au sens niveau d'activation élémentaire un peu basique de mes muscles en gros je suis bien l'envié je pas bien réveillé où je suis en forme je suis pas en forme j'ai pris des médicaments qui manquent d'hommes qui n'ont su coup ou pas j'ai pris des drogues des alcools de l'alcool qui ment secoue pas monté de ce minuscule airs variés il peut varier dans la journée ça va introduire dans mes mouvements ma façon d'écrire ma façon de parler ma façon de bouger de manière plus générale dépouillement sportif ça peut introduire des variations donc ce que certains appellent le tonus musculaire faut voir comment s'est défini par les uns ou par les autres mais là je n'ai donné une espèce de définition au niveau de base d'activation musculaire donc les unités montrer ce qu'ils voulaient fonctionnement de base d'utilité motrices de leur intensité leur amplitude d'activation ça peut

avoir un impact sur mes mouvements ont pas avoir exactement la même forme c'est une possibilité n'y a pas que ça mais on va voir de manière plus générale alors pas de système nerveux instable au sens strict mais on va on va mieux définir tout ça mais c'est la boîte piste par contre par contre c'est une des bonnes pistes et mouvement brownien tiens vous avez vu les mouvements browniens nicolas vous avez déjà vu ça alors la suite c'est la chose suivante donc je vais vous donner une approche théorique qui expliquent une partie de la variabilité de la structure du mouvement dans notre système nerveux donc la volée ce secteur [Musique] j'ai bien partagé médiapôle à je ne sais plus où j'en suis avec mes partage d'écran et annabelle partage d'écran très bien alors oui des erreurs naturel d'un système nerveux c'est ce qu'on appelle le bruit le bruit c'est un terme pluridisciplinaire en sciences le bruit veut dire une contribution qui est en très grande partie aléatoire qui correspond à mécanisme qui fonctionne au hasard comme le lancer de d'ailleurs je vais l'illustré avec le lancer de dés par exemple c'est une analogie donc dans notre système nerveux il ya beaucoup de il ya du hasard c'est pas l'essentiel meliana donc là sans rentrer dans le détail de cette diapos qui compliquait envoyé personne qui est en train de faire un comportement est là en train d'essayer d'attraper une balle qui vient il à pas lents rouge qui se déplace et les vecteurs vitesse de la balle la main se déplace ses lecteurs vitesse de la main qui donne la direction de nos mains voyez l'oeil qui est en train de percevoir la main et percevoir la balle qui est en train de se déplacer bon il ya des opérations qui sont réalisés dans le cerveau ou une flèche qui va vers le muscle vers les fecter on reprend cette façon de nous voir façon plus générale les différents composants du système et dans notre système nerveux que ce soit dans les unités motrices voit ici la moelle épinière et le muscle muscle squelettique connectés par un air avec des motoneurons alpha dans une des cordes de la l'accord de postérieurs [Musique] quand antérieures le montant nominal façon accords antérieurs bien vous avez des neurones des neurones qui se représente est ici donc vous les avez à les tâches de la pinière où les avais dans le cerveau et le droit de vous voyez ici des cellules avec un noyau qui sont connectés par des synapses connectés entre eux et dans ces neurones si on zoome par exemple sur le câble le long câble qu'on appelle l'acsor devant les normands ou zoom et on voit que ce câble sûr si on apprend une section ça ressemble à une vraiment un câble avec une membrane autour duquel elle a dit luca médias il ya des solutions qui ressemble à de l'eau on appelle ça des solutions aqueuses à quoi l'eau donc avec de l'eau et des substances chimiques et à l'intérieur de cette membrane envoyé des petits points ici comme des espèces de petites étoiles et si on regarde de quoi il s'agit et bien on voit que c'est un c'est un trou elles ce sont des sondés petit trou qu'on appelle des voix en anglais deschanel comme le channel sous la manche le tunnel sous la manche ce sont des petits trous qui allait se passer des atomes sous forme charge et qu'on appelle des ions c'est à dire des attentes qui sont soit positif sur négatif soit ils ont plus de protons soit ils ont plus d'électrons qui sont des charges négatives et ces ions vont passer rentrer et sortir de la membrane du neurone dans l'axone et c'est en partie grâce à sa grande partie grâce à l'essentiel grâce à ça que des potentiels d'action peuvent être générés et que les neurones peuvent agir sur d'autres neurones et de loin en moins comme ça constituer des réseaux de neurones qui sont actifs et c'est cette activité électrique qui va qui va vous permettre de faire les les coordinations et les tâches quelle qu'elle soit et les mécanismes mentaux quel qu'il soit donc vous voyez à ces petites roues donc se représenter à d'autres échelles encore c'est petit si vous avez de synapses qui représentait pour la petite histoire sera produit intéressant l'ambiance ou pas c'est pas un conte sur les synapses ce qui se dit il faut se rappeler c'est que dans notre système nerveux il ya des demandes que si on isole une partie de ses drones on a une membrane et que dans cette membrane ya des petits

trous qu'on appelle des canaux de jonction des voix tout à l'heure je me suis trompé ce sont des canaux et charnelle en anglais ont traduit par des canaux en français et on appelle ça des canaux qui ces canaux ioniques eux sont tout petits ils sont tellement petit ils sont tellement petit donc on rentre dans une échelle microscopique ils sont tellement petits et ils sont baignés je vois je vous répète dans une solution aqueuse d'autres notre corps est essentiellement de l'eau ils sont tellement petits qui sont soumis aux perturbations qui sont caractéristiques de cette échelle spatiale qu'est ce que ça veut dire ça veut dire que à l'échelle de l'infiniment petit microscopiques à l'échelle atomique à l'échelle de la taille d'un atome la matière est toujours en agitation et cette agitation s'appelle le mouvement brownien le mouvement mollien alors je vais vous montrer un petit une petite illustration ici et je vais changer mon partage pour voir une animation de ce mouvement brownien voilà vous le voyez ici sur cette petite animation alors imaginez sept cercles ici ce cercle jaune imaginez que c'est en trois dimensions c'est une image plane sans trop d'émotions il me dit que c'est une sphère et ce l de no1 de notions union calcium par exemple et il est dans une benne et dans une solution rempli d'eau et de particules plus petites d'atomes petit et vous voyez cette en calcium il a aucun moyen de déplacement c'est il est complètement passifs l il n'a pas un petit moteur il na pas d elle n'a pas des pâtes il n'a pas eu de qu' il n'y a pas de preneur depuis rien il est complètement passifs mais pourtant dans cette solution aqueuse il se déplace alors pourquoi il se déplace là on voit le même déplacement reproduit plusieurs fois sa trajectoire est tracée en bleu au fur et à mesure et petite flèche rouge qui apparaît qui représente sa vitesse on voit que cette petite flèche rouge elle par un coup à gauche un coup à droite un coup à gauche je crois droite elle se balade un peu dans tous les sens pourquoi il est placé bien c'est les chocs des plus petites particules représenter anglais ici qui à chaque instant vient de taper sur notre sur notre lion au calcium et qui explique son déplacement pourquoi parce que la matière à l'échelle atomique est toujours en agitation le seul moment où elle est pas d'invitation six ans - 273 degrés ou là c'est le calme plat c'est le zéro absolu qu'il était impossible d'ailleurs quasiment impossible d'atteindre à en laboratoire on se rapproche on n'a jamais atteint exactement le zéro absolu au zéro absolu ou proches de zéro absolu la matière est presque calme elle bouge au zéro absolu elle ne bouge plus du tout et quand on s'en approche elle est quasiment au repos complet laissez la seule situation et moyenne 273 degrés c'est très très très très froid ça n'existe pas dans la nature ça n'existe pas sur terre ça n'existe pas dans l'univers corps dans l'espace il fait très froid moins 60 - 70 degrés mais on est très très loin de des moines de 170 au pôle nord au pôle sud il peut faire jusqu'à moins 70 degrés aussi moins 60 degrés moments les plus froides températures les plus froides mais on est très loin du zéro en la matière est toujours à l'invitation et cette agitation est au hasard elle est complètement chaotique elle est complètement désordonnée c'est le désordre sauvage il faut comprendre ça c'est le désordre sauvage corps alors je reviens je revienne à un diaporama alors ici donc à l'échelle atomique on a le désordre ici représentée en noir on a un exemple de trajectoire de notre ce que pourrait être remis au calcium au hasard c'est une marche au hasard en deux dimensions ici et il peut partir dans n'importe quelle direction et il peut faire des changements de direction assez assez brutaux on dit que c'est un mouvement erratique 1e 2 heures à pays une pratique c'est à dire pour dire que c'est un mouvement au hasard ici pourrait illustrer le phénomène au hasard j'ai j'ai mis un dessin avec tété et c'est exactement exactement ça qu'en voulant servir des indes et qu'il n'est pas biaisé dès qui est bien équilibrée vous pouvez vous avez autant de chance de tomber sur cinq sur six coups sûrs trois cas sur quatre et chaque lancer de dés et complètement indépendant du précédent est complètement dépendant du futur lancée et à chaque fois où il est tombé sur nombreux

différents c'est ce qui se passe avec le mouvement brownien donc ça c'est là les rats c'est le hasard c'est ce qu'on appelle le brume et c'est une composante totalement désordonnée qui agit sur vos novembre alors ça s'est introduit des irrégularités et s'introduit de la variabilité le neurone quand il va déclencher son potentiel d'action lui bien il pleut pas il peut déclencher un peu plus tôt un peu plus tard à cause de cette année en ça ne va pas introduire un désordre total dans le fonctionnement du neurone parce que le neurone plus gros que les attend ou qu'il est plus solide il résiste aux perturbations mais quand même il est influencé par ces perturbations par ce mouvement brownien qui va faire rentrer un peu plus un peu moins dion à chaque instant dans la membrane de lacs sont d'accord donc on en europe il est dans un milieu aqueux et son fonctionnement est en quelques heures et est dû en partie perturbée par de l'année qui vient de la nature zik de la matière à quoi sont dues ces du mouvement brownien la matière étaient agités il ya une partie de la matière qui est tout le temps agités la mécanique quantique que nous a enseigné que dans le domaine de l'infiniment petit la matière était tout le temps agités que ce soit du plastique du bois du fer de la peau de l'ours de l'ongle de l'oeil des cheveux des plantes de partout dans l'univers la matière est agitée à l'échelle atomique ça c'est une loi fondamentale de la physique qui agit sur le biologique à l'eau biologique ne peut pas intégrer dans aucune prise sur le mouvement brownien on peut pas le changer on peut pas y agir dessus on peut pas le modifier la seule façon artificielle d'agir sur le mouvement brownien cette agitation atomique c'est de baisser la température et de la blesser très très fortement aux clients c'est la seule solution au contraire quand vous augmentez la la température vous augmentez l'agitation atomique c'est aussi on le sait alors vous avez ça de côté alors qu'est ce que ça veut dire qu'elle est la conséquence de sa en bas ici vous avez l'échelle microscopique sur cette diapos et vous avez ma flèche ici qui monte jusqu'à l'échelle macroscopique macro s'avère plus gros micro il ya la cellule il ya les cadeaux yoni qui a les neurones et les tout petits trous dans les dents les axones dans la membrane des neurones et à cette échelle là qui est l'échelle atomique vous avez l'agitation moléculaire où les chaînes à dos on appelle ça parfois des fluctuations thermiques c'est les fluctuations qui donne la température ainsi lisa température c'est parce qu'il ya des atomes qui se rentrent dedans et ça crée de la chaleur ça c'est une source de deux ans au niveau macroscopique vous avez votre comportement par exemple à cette personne qui fait un saut en parcour où cette personne qui a essayé de descendre un escalier en portant des documents et qu'il s'est cassé la figure donc ça c'est le l'échelle macro déchets en échelle de votre comportement est bien ce qui se passe à l'échelle micro agit sur un neurone agit sur un ensemble de neurones réseaux de neurones et de loin en loin perturber cette petite est clair ici symbolisme perturbations perturbe les réseaux de neurones et peut entretenir des erreurs à l'échelle macro ce qui se passe au niveau micro peut agir sur le niveau marin alors le niveau macro vouloir ne sont pas dus au hasard vos mouvements ne sont pas complètement non bien au contraire rappelez-vous la citation de quels sont vos mouvements sont structurels ils sont ordonnées ils ont une forme qui obéit reproduisent un patron mais ils ont les parties des régularités et parfois des erreurs importantes peuvent entraîner de chute par exemple ou un raté d'accord donc on a en a sept cette logique entre les échelles les petites échelles et les grandes échelles corps où il ya une perturbation mais cette perturbation a les petits tacles faut comprendre qu'elle n'est pas gigantesque à votre braille se balade pas au hasard dans l'espace à des vitesses folles pas comme ça que ça se passe alors pourquoi donc là c'est un résumé de cette ce que je vous ai raconté donc vous avez l'agitation moléculaire au hasard qui agit alors ceci là ce qui est représentée ici je vais pas détailler mais c'est un canal ionique avec une structure atomique si on joue on voit des molécules d'eau ici les petites billes des



petites billes en jaune donc mots pour dire que le canal ionique est très petit et quand on zoome sur un canal ionique avec un microscope extrêmement puissante électroniques et bien on peut voir apparaître des échelles suffisamment petit pour avoir des molécules d'eau ça c'est une partie d'un euro le drôle il produit des potentiels d'action et puis quand il est perturbé de loin quand gwen à produire des perturbations ces potentiels d'action seront trop nombreux par ses nombreux déclenchée trop tôt déclenchée trop tard et en verre ici comme logis un petit peu pour accentuer le trait karaté cas où ils n'auraient pas de bruit dans son système nerveux sans pierre ou une trajectoire très lisse comme ça mais ce qu'on observe dans la réalité c'est la trajectoire de pied avec voyez ici les petites fluctuations qu'on voit pas forcément voir à l'oeil nu mais qu'on verra si on a un outil de mesure au suffisamment précis c'est le cas idéal n'y aurait absolument pas ces perturbations et le cas réels ou liés à ces perturbations moléculaire dans les neurones et en un mouvement qui est un petit peu fluctuera des échecs tout petit il s'agit des dizaines de millimètres quelques millimètres monsieur k biologique et non biologiques alors le cas le canon biologie que ce serait c'est le cas idéal il n'est pas vrai c'est un cas idéal pour hautmont coup roulé pour l'explication imaginons un corps humain qui ne serait pas subi qu'ils seraient pas soumis pardon à cette agitation moléculaire quand je produirai du mouvement et bien il y a de fortes chances que le mouvement soit presque parfait lice quand c'est le cas de gauche mais ça c'est pas biologique c'est pas vrai pas réel un seul cas idéal pour réfléchir l'ONU lustration ya pas de perturbation de bruit il ya pas de hasard ya pas de fluctuations tout ça ce sont des synonymes en quelque sorte eh bien le mouvement serait très lisse un très précis crédit le cas réels c'est les mêmes mécanismes neuronaux avec les réseaux de neurones mais en plus il ya du bruit quand ça c'est la vraie biologie puisque la biologie belle et dans ce monde de physique et c'est le cas de droite ça c'est le cas réels la vraie biologie elle est comme ça donc c'est le cas idéal plus le boom corps donc c'est une façon de raisonner qui qui d'ailleurs est pour développer le cnrs la bonne façon de raisonner m on sait maintenant que pour concevoir un système avec du bruit il faut concevoir le système parfait sans bruit et ensuite ajouter le bruit et voir comment cette agitation oui sur le cas parfait donne le les observations qu'on voit dans les expériences et nos moments de rires je parle un peu vite c'est peut-être un peu compliqué mais je pense que vous avez un peu l'idée est ce que mon explication vous suffit j'ai un petit peu de mal avec ce que le dernier aspect oui on va alors voyons la suivante la diapo suivante finira peut être d'éclaircir un petit peu une façon de concevoir le fonctionnement de notre cerveau est la conséquence sur le mouvement c'est de concevoir de contribution la première contribution c'est le cas idéal ici dans un monde dans lequel il y aurait aucun bruit ou au niveau moléculaire vous avez vos réseaux de neurones qui fonctionne qui s'échangent des potentiels d'action ça se propage dans le système nerveux jusqu'à la moelle épinière et vous produisez vos mouvements mais à aucun détail ni dans le muscle ni dans la moelle épinière ni dans votre cerveau ignorait de bruit moléculaire mais il ya une organisation il ya un connecteur il ya des synapses il ya des plaques aux motrices des unités motrices ya tout ça et les motoneurones alpha mais vous évacuer complètement le source de désordre alors votre mouvement dans un cas comme ça serait beaucoup plus lisse annie beaucoup moins de variations les petites variations commune mesure avec des outils suffisamment précis on les verrait plus encore donc imaginez cette structure rolland est lié dans votre corps elle est là toute cette organisation est là et maintenant il faut ajouter le deuxième composant est le deuxième composant c'est l'agitation atomique à l'invitation moléculaire que vous rajouter à ce premier composant et vous fait baigner tout ce système biologique les neurones dans le cerveau la propagation des potentiels d'action les motoneurones alpha dans la moelle épinière

le fonctionnement des fibres musculaires les plaques motrices les synapses tout ça vous le fait baigner dans un environnement dans lequel il y a une loi de la physique hyper importante qui est l'agitation moléculaire quand premier composant la structuration des éléments la nature des éléments sans bruit deuxième composant je rajoute le bruit à cette première structure est ce que j'observe le fonctionnement réel c'est la contribution des deux [Musique] est-ce que c'est plus clair oui merci si on devait faire une métaphore avec une personnification ce serait en quelque sorte mais c'est un peu dangereux de faire ça imaginez vos réseaux de neurones ils veulent faire quelque chose elle qui ont structuré de telle et telle manière qu'ils veulent faire cette chose là et en plus donc ils sont bien structurés ils sont capables de générer des potences élections etc ils ont des synapses entre eux et en plus vous rajoutez une agitation moléculaire qui vient perturber cette belle structure et c'est les deux ingrédients qui vont donner le comportement que vous avez effectivement observé à chaque instant quand vous observez le comportement de quelqu'un ou le vôtre est bien dans le système nerveux vous avez une contribution massive de la bonne organisation de la coordination la collection entre les neurones et une petite perturbation à tous les étages de cette belle mécanique si vous préférez c'est comme si vous aviez une belle horloge mais cette horloge elle baigne dans un bain qui fluctue et qui de temps en temps perturbe certains mécanismes de cette horloge corps alors ça c'est une théorie qui est issue de la physique et qui a été importée à la biologie dans les années 50 et qui fait partie des théories dominantes et les seuls sur le marché pour bien comprendre et bien définir les relations entre les échelles et comment la coordination appareils comment l'ordre apparaît dans un mouvement tout en ménageant une part pour les irrégularités d'accord notre cerveau fonctionne mieux quand il fait chaud alors censés pas il ya beaucoup d'autres facteurs là si vous voulez le faire un peu d'exercice ou un peu de musculation elle vous réfléchissez il se passe quelque chose dans votre système nerveux et dans notre système physiologique pas seulement la température la variation de température il ya des oromos ron il ya de l'oxygénation et un éveil il ya tout un tas de mécanismes qui apparaissent voilà le dire pour juste avant enzo donc vous voyez ici de causalité les flèches c'est la causalité le diaporama c'est diapos restant sur le mt 1 il ya sur le modèle du coup un jeu les échanges et hier ou avant-hier je ne sais plus il faut que je rajoute le tout dernier avec les informations sur la tâche de feeling c'est les illustrations concrètes avec la couche de fitz donc ça vous le voyez dans quand vous faites vos mesures avec la tâche de fixer que vous utilisez qui inaugure les petites variations que vous observez camp entre deux pointages les trajectoires qui ce qui leur passait pas exactement au même endroit bien c'est en partie dû à ceux à ce mécanisme en voilà l'explication l'explication principale l'état c'est l'explication le point de départ c'est le mouvement brownien moléculaire dans notre système nerveux et aussi dans vos muscles à l'ailé les fibres musculaires la contraction musculaire les les interactions entre la myosine un des produits de biocides et d'actifs tous ces mécanismes là sont soumis aux mouvements gros lienne aux échelle microscopique donc les contractions musculaires ce format ne se font jamais exactement de la même manière [Musique] d'accord ok oui parce que c'est possible que le mouvement brownien reçoit non donc on a tous le même nombre de jeux sais pas comment il s'appelle microparticules ce mouvement oui un mouvement brownien c'est une c'est la physique c'est pas la biologie voyez c'est une loi de physique c'est vrai dans votre téléphone dans la feuille de papier d'un stylo dans le plastique de l'écran membres liés partout simone physique est alors alors faire l'agitation molécules à l'agitation anatomique existe dans toute la nature dans toute la matière je vais reprendre je peux pas dire de bêtises l'agitation atomique a agi existe dans tous les matériaux le mouvement brownien existe dans les matériaux qui contiennent d'euros mouvement brownien au sens

strict est un cas d'agitation moléculaire atomique est un exemple qui est spécifique à des systèmes qui baignent dans l'eau qui cause sa correspondante recours les cellules b nus dans l'eau les neurones sont environ et d'eau qu'ils couchent de liquide oui mais si l'on l'a plutôt que wayne chasse j'en doute mais personne est allé voir le mouvement brownien chez une personne déshydraté chez une personne correctement hydrater oui et ensuite il ya autre chose c'est que [Musique] alors là il faudrait rentrer dans ce type de considérations je ne sais pas si les données je les dors totalement s'il ya des données scientifiques qui vont dans cette direction là il ya des travaux en médecine en biologie qui travaillent sur des cellules isolées et qui traitent des traductions très très important et sur les équilibres moléculaire l'euro dans la cellule et à l'extérieur de la cellule pas que les neurones mini-cellule en général on parle de prescience nautique déséquilibre osmotique on parle de diffusion à travers des membranes poreuse et tout ça est très important et quand quand ces mécanismes sont déséquilibrés c'est à dire quand votre sang ou lalem faisant votre dans votre corps les concentrations en sels et en différents minéraux et vitamines d'enseignants dans ces liquides de la son plasma 100 élèves quand ces équilibres sont perturbées alors la cellule peu le dysfonctionné carrément même sa survie peut être engagée donc on a tout un tas de mécanismes dans notre corps pour garder l'équilibre les concentrations la quantité d'eau au m mais si dans un cas extrême on a bu trop d'eau où on a subi la chaleur n'a pas bu assez dont l'ip est en déséquilibre il ça va entraîner des problèmes considérables des baisses de tension vous allez tomber dans le coran est assez rapidement si l'équilibré panzer mourir donc ses équilibres sont importants donc je me dis que peut-être il peut y avoir des variations d'un individu à l'autre d'une situation autres mais sont pas sur le table et ne pourrait pas être maintenue très longtemps il ya des exemples de gens qui ont pendant des marathons il faisait très chaud il y avait des ils ont trop bu d'eau pour se rafraîchir et non pas vu des des liquides ne sont pas hydrater avec des liquides qui contenait déséquilibre enfin comme l'hécatombe et les machins comme ça que vous connaissez et ils se sont remplis d'eau et ils ont petit à petit trop diluer leurs tissus et ils sont tombés dans les po c'est très dangereux de faire des arrêts cardiaques très donc c'est pas la même chose dont je suis du tout le spécialiste le coût d'un plein il faut s'adresser aux collègues qui sont spécialiste de la physiologie tôt ok donc je vais continuer de tuer juste oui mais du coup si maintenant quelqu'un qui est un panier de basket et qui rate c'est pas dû à l'agitation moléculaire c'est dû à son manque de précision alors les deux les deux mon capitaine si si vous vous êtes un débutant et vous commencez à peine c'est la preuve le premier jour vous faites nous essayer de mettre un bon basket dans un palier basque si la première fois vous arrivez sur le terrain c'est la première et dans votre enfance vous n'avez pas lancé des centaines de cailloux des milliers de cailloux comme beaucoup de gamins mais pas tous les gamins et plutôt les garçons et un peu moins les filles d'ailleurs non que vous n'avez pas cette expérience là vous arrivez sur terme basque et le prof de ps où l'entraîneur ou donc le papa ou le fou le grand frère vous montre les cas il faut essayer de faire ça alors vous le regardez vous dit si vous allez prendre le ballon et vous faites la première tentative toute première tentative bon il ya de fortes chances que vous leur action pourquoi vous avez raté est-ce que c'est exclusivement dû aux mouvements browniens non c'est dû aussi au fait que vous n'avez pas les réseaux de neurones dans votre cerveau vous n'avez pas fait l'apprentissage donc votre geste vous y est vous avez regardé que vous essayer de reproduire vous avez des réseaux de neurones qui permettent d'imiter et de reproduire mais il fonctionne pas parfaitement et vous allez en grande partie raté pourquoi parce que la structure de coordination dans votre cerveau n'est pas là donc ça ça va être la contribution majeure à l'effort maintenant si vous répéter répéter répéter répéter et vous fait

ça pendant plusieurs années et qu'un jour vous entraînez à faire des comment ça s'appelle des parts après une fois ton et ses deux enfants dans la possibilité de mettre un point qu'on prend un coup franc j'avais oublié rendre compte vous avez trois francs s'appelle d'autres non les lancers francs lancers francs voilà vous avez droit à trois lancers francs merci et vous en mettez arrive vous a raté deux eh bien ça peut être en partie par seulement ça peut être en partie dû aux mouvements broly [Musique] oui ces deux cas de figure qui nous permettrait d'illustrer le fait que quand on fait une erreur ce n'est pas seulement dû aux mouvements browniens c'est dû au fait qu'on n'a pas encore bien appris mais dans un deuxième cas de figure ça peut être du lé o globo lyon vous avez appris mais vous n'y arrivez pas 100% j'arrivais admettant à 90% si vous êtes beau si on regarde les stats des des champions sur basket ce soit en rugby combien de quel est le pourcentage de réussite avec une pénalité on n'est pas à 100% et une partie des erreurs pas toutes les parties des erreurs viennent de cette agitation moléculaire dans le cerveau maintenant si vous regardez un enfant qui commence à apprendre ben c'est beaucoup plus compliqué est dû au fait aussi qu'il n'a pas du tout les réseaux de neurones dans son cerveau la balle elle va partir éventuellement un direct ans sur le sol et pas du tout vers le bas du basket parce que elle enfin à lâcher la balle trop tard essayer de faire ça avec un gamin qui a trois armes et d'aller voir l'apal est très très loin là bas à partir dans toutes les directions voyez oui d'accord nouvelle excuse j'ai raté à cause du mouvement brownien aurélien ouais pourquoi pas assez cocasse qui je vais m'arrêter un peu avant 12h d'accord dans les mouvements browniens vous n'y aviez vous pouvez pas c'est une loi de la physique c'est pas biologique c'est rien vous pourrez pas les gentils ce que vous pouvez faire c'est d'essayer de renforcer vos réseaux de neurones et d'arômes et je vais y venir tout de suite c'est la diabou suivante donc vous avez une source de désordre c'est un mouvement brownien mais à côté vous avez la structure de vos réseaux de neurones d'accord la structure de vos réseaux de neurones paraissait alors pas répétition par imitation vous construisez des réseaux de neurones il y a de la plasticité d'envoi dans le connecteur vous avez vu des des synapses qui se font et se défont et par l'apprentissage et la répétition et l'entraînement il faut entretenir cette structure vous allez constituer des réseaux de neurones et il faut que ces réseaux de neurones soit stable c'est-à-dire qu'ils résistent à la perturbation plus ils sont stables + résiste à la perturbation plus ils sont stables plus solide contre les perturbations on ne peut pas entraîner les mouvements ball ou encore une fois pour toutes le mouvement brownien c'est un composant physique sur lequel on n'a pas accès c'est la nature de la matière et c'est la conséquence de la nature de la matière sur l'agitation dans les solutions où il ya de l'eau telles que les solutions qu'il ya dans notre corps voilà comme un grand meeting peux pas j'ai aussi la gravité rythme de loi macroscopique le mouvement brownien qu'une loi microscopie de l'infiniment petit on peut pas agir dessus par contre la biologie s'est développée dans un monde où il y avait ces lois physiques et s'y adapter à ces vols physique et les utilisent quand on marche on tombe en utilisant la gravité en tombe vers l'avant quand dans une synapse un neurone libère des neurotransmetteurs il se propage de l'autre côté de la synapse vers le suivant grâce au mouvement brownien l'utilisent d'accord alors cette diapos et je finirai aujourd'hui sur cette es10 impôts j'y reviendrai éventuellement on symbolise ici là sur la diapo de la marche avec une partie du squelette représenté à envers pour l'illustration vous savez le bassin en haut vous avez les jambes fémur tibia péroné et vous avez les pieds en bas à gauche et à droite il est cette personne elle marche sur ses carré cé carré gris qui sont des plateformes de force qui mesure les forces de réaction au sol et les forces de réaction au sol et se représenter ici en rose vous voyez est en jaune ma grosse flèche sur jaune c'est la force de réaction au sol sur le pied qui est à l'arrière sur la diapo le schéma

de gauche et sur le schéma de droite la grosse flèche le rôle des nerfs ni si elle aussi par d'un pied ça veut dire c'est la force sur le sol ça représente la force de réaction en rose c'est les forces de réaction au sol qu'il y ait eu un peu avant d'accord qui ont précédé à partir de composés le talon jusqu'au moment où on arrive sur la pointe du pied mais bon ça c'est un détail alors à gauche que vous avez un comportement il y en a pas représenter le buste les épaules bras la tête tout sans la lys il pour simplifier j'ai pris des images vous voyez juste le bas du corps mais le haut du corps sert aussi pour la marche alors sur la gauche vous avez une personne avec un réseau de neurones de la marche qui est très compliquée qui est très très très compliqué qu'on gère très très mal d'ailleurs qui permet d'activer les muscles des jambes qui prend en compte le fonctionnement de la perception de la système vestibulaire la perception visuelle la perception des pressions tactile sous les pieds ces réseaux de neurones gère la contraction musculaire les limites de la jambe gauche et la jambe droite donc c'est très compliqué quant à gauche vous avez une marche saine efficace parce que ces réseaux de neurones donc je viens de résumer très brièvement il fonctionne bien ils sont bien structurés à droite vous avez un réseau de neurones de la marche qui est instable qui est fragile qui est fragile qu'est ce qui se passe à gauche le mouvement brownien à l'échelle des atomes dans les cellules dans les neurones perturbe mais comme la structure de nos réseaux de neurones de marche est saine elle est solide elle est stable elle est efficace et bien on peut continuer à marcher malgré la perturbation en microscopie à droite au contraire notre réseau de neurones un peu comme si c'était un nouveau né qui commençait à marcher d'enfants qui commençait à marcher qu'il y avait un an et demi ils essaient de marcher et bien sa structure est fragile donc le mouvement brownien va perturber d'accord à gauche c'est un adulte il marche bien le mouvement brownien perturbe moins - c'est-à-dire qui perturbe faiblement à droite c'est un jeu d'enfants très jeunes enfants il commence à peine à avoir le schéma moteur de la marche à peine à voir les réseaux de neurones qui fonctionnent donc le mouvement brownien perturbe plus + wii la perturbation est plus importante à gauche c'est un peu comme si on avait une bille dans un vase et elle va être sans arrêt à tirer vers la position basse dans le vase à cause de la gravité cette imposition est stable à droite au contraire je retourne le vase et je mets la bille en eau du vase est ici je perturbe un peu la position de la bille elle va tomber ça va être la chute c'est une métaphore avec un modèle physique simple comme je vous ai promis de m'arrêter un peu plus tôt je vais m'arrêter là et je reprendrai 7,7 diapos pour vous illustrer et terminer avec cette partie du court le dialogue complémentaire entre une structure stable une structure moins stable voire instable et comment la perturbation moléculaire dans un cas va être fun et dans notre cas va être plus forte ici à partir de l'illustration de la stabilité mécanique de la marche et d'un modèle physique simple qui est une métaphore qui est une analogie pour comprendre le concept de stabilité le concept de perte de stabilité avec une bille dans un vase soumis à la gravité je vous souhaite une bonne journée alors c'est bonjour merci à voir bon courage à cette journée et bon week-end

### CM 3

vendredi dernier c'est léger lancer l'enregistrement vous m'entendez oui oui vous avez le partage d'écran oui ok bien alors on avait la dernière fois on s'était arrêté à cette diapos et je vous avais dit je vous avais dit qu'on reprendrait sa rapidement donc rappelez-vous on a cette logique là qui est qui nous dit qu'une part du fonctionnement de notre système nerveux et de notre système biologique au sens large donc ça inclut aussi le fonctionnement des fibres motrices et la contraction musculaire et bienvenue donc dans ce système nerveux y compris je viens de lire les films musculaire donc qui sont l'extérieur du système nerveux eh bien on a une contribution de lois de la physique de

phénomènes physiques qui sont qui appartiennent à des échecs qui sont très très petit il y en a une perturbation par ces échelles très très petit de l'ensemble des mécanismes cellulaires et de loin en loin cette perturbation qui est du désordre qui est du hasard qui est aléatoire et bien cette perturbation elle peut introduire des erreurs comportementale soit vous paie la cible soit vous loupez votre tir votre penalty soit vous loupé la marche et vous tombez en décelant du métro où vous faites une erreur en conduisant ou encore autre chose voilà selon sport soit dans la vie quotidienne alors je vous ai pas figé oui j'avais une question mais relative à l'automatisation de d'un moment l'automatisation oui c'est ça oui donc si on admet qu'à force d'exécuter une tâche de manière répétée au matin et à des taux d'automatisation de ce mouvement est ce que cette automatisation se répercute sur la tâche de fitz à savoir si oui existe-t-il un seuil de valeurs a et b qui indique que l'on attend cet état ça c'est une question que vous avez posé à votre de t d et elle m'a transmis votre question elle n'a pas su me répondre et pour vous répondre alors tout d'abord l'automatisation ce que je lis répondu loin c'est que le terme qu'on utilise d'automatisation on sent terme peu de points de vue scientifique il ay pose quelques problèmes mais on va peut-être passer là dessus c'est pas forcément tellement la question encore que ce qui se passe c'est que si vous répétez la tâche de fitz il ya de fortes chances qu'il y ait que vous réalisiez une familiarisation et un apprentissage que vous soyez une meilleure dans cette tâche des tâches de pointage vous en réalisé depuis que vous êtes jeunes enfants de différents types donc la fonction vous en disposez votre système nerveux a déjà réalisé l'apprentissage général du pointage et vous commencez à faire la tâche de fuite si vous aller répéter répéter répéter dans des conditions spécifiques un pointage dans des conditions un peu particulières alors vous allez vous améliorer qu'est ce que ça veut dire s'améliorer ça veut dire que votre temps de mouvement va être plus court des lettres capable de pointer sans erreur plus en allant plus vite est ce que ça va changer et là il ya une partie des réponses je ne les ai pas est ce que ça va changer la pente qui décrit l'augmentation de votre temps deux mouvements en fonction de l'index de difficultés c'est à dire le moins de fitz la pente de votre droite dans le mouvement sur la verticale une ex difficulté la pente c'est à dire le taux d'augmentation de votre temps deux mouvements quand on augmente la difficulté je ne sais pas du tout si l'adaptation à changer cette plante ce qui a changé l'adaptation c'est sûr c'est l'interceptent c'est à dire la hauteur de la droite et la droite va décembre puisque vous allez vous adaptez vous allez un petit peu améliorer vos performances lire votre temps deux mouvements me diminue donc la pente la pente on sait pas s'ils avaient augmenté ça je n'en ai aucune idée par contre la droite va descendre ça c'est la valeur de b l'interceptent ça c'est sûr même si c'est peu nécessairement vous allez quand même vous habituer un petit peu à la condition spécifique de la tâche que vous allez réussir après une heure deux heures d'entraînement pour besoin de faire vingt mille heures vous allez réussir à aller plus vite donc avortement plus le changement de pente ça je n'ai aucune idée comment votre système nerveux réagi quand on augmente la difficulté de combien le temps du mouvement augmente en fonction de certaines des difficultés ce que je ne sais pas ce qui est sûr c'est qu'il ya une littérature colossale sur des expériences de certaines fondamentale d'autres complètement idiote il est vrai sur la tâche de fitz tout le monde a essayé depuis 1954 d'utiliser attache deux fils pour répondre à des petites questions scientifiques qui sont pas forcément toujours des questions fondamentales et très générale est très importante mais là j'ai pas regardé sur des bases de données si il y avait un écrit d'adaptation ou d'apprentissage ce que vous appelez l'automatisation donc une autre question admettons que je sache jongler et que je sache faire de slackline pour faire les deux en même temps est-ce que j'ai besoin d'avoir réussi a atteint l'automne l'automatisation de ces deux mouvements pour réussir à les réaliser au même moment j'ai deux réponses la première réponse c'est non la difficulté à vous répondre c'est que je ne sais pas ce que vous entendez par automatisation très très précisément très rigoureusement je vais vous expliquer pourquoi un petit peu et mais si j'essaie de me dire bon parent automatisation on peut on peut entendre on le définir de cette manière là on a un geste qu'on a appris et qu'on arrive

à effectuer sans trop d'efforts et sans investir beaucoup d'attention pour son exécution ce que ce soit en rapport avec la charge mentale ouais alors il faut définir charge mentale après d'attention de concentration de pouvoir le faire sans y penser oui mais faire avant je pense je peux en parler deux secondes ça mais admettons non vous n'avez pas besoin d'atteindre alors ski deux choses s'il s'agit de plutôt que charge mentale je vais parler d'eux attention mais crier attention il peut être mieux défini que charge mentale si vous faites une fois une recherche par mots clés sur le domaine de la tension processus attentionnel dans le cerveau etc vous avez trouvé des références simple compréhensive compréhensible et avait des travaux très intéressants je crois que ça fait partie d'ailleurs des lectures obligatoires un texte sur l'attention de Jean-Philippe Lachaux je crois sur le bout des ailes du cours donc je vous renvoie vers ce texte fait partie des six ou sept textes à lire pour secours bref s'il s'agit de ça on n'a pas besoin d'être très automatisé pour arriver à mettre ensemble des éléments non j'ai pas une nécessité du tout ça peut que ce n'est pas du tout une nécessité il n'y a pas si vous voulez ? on n'a pas une connaissance de l'assemblage des habiletés et je vais en parler justement à propos du jonglage habileté attraper un objet avec une main habité attrapé deux objets en même temps dès demain habiter attraper les objets avec les deux mains et en même temps suivre une cible avec avec les yeux et en même temps se tenir sur un pied enfin tout essayé de composer des éléments d'entre vous les mettez ensemble les connaissances actuelles ne permettent pas très précisément de savoir comment va s'effectuer l'agrégation des différentes sous-tâches oui sinon quelle logique de combien ça va augmenter précisément la charge mentale vous parliez l'attention mais ce qu'il faut pas que pour l'automatisation dans les deux dans les deux aspects il faut pas qu'ils aient une valeur égale d'attention demander justement parce qu'ils ont l'anglais le met un pied jeudi relevé un pied sa demande pas beaucoup là-dedans mais c'est un exemple ça pourrait être autre chose plus compliqué mais on sait qu'aujourd'hui les connaissances disponibles ne permettent pas de déduire très précisément quelles vont être les conséquences si vous ajoutez la tâche à la tâche et la tâche qui l'attend ainsi des loyers on dispose pas cette connaissance une si grand-mère l'espèce de cette taxe basée sur des recherches scientifiques et une modélisation éventuellement mathématiques qui nous permettait de prédire à si tu fais ça et ça alors il va se passer ça est ce que je veux ce que je m'exprime clairement cette connaissance tard ces outils-là la science aujourd'hui n'en disposent pas d'accord oui d'un point de vue empirique un coach qui travaille dans un domaine un entraîneur sportif un prof de ps il ya peut-être une connaissance empirique comme ça n'a rien à voir avec la science mais il avait peut-être une connaissance empirique il a dû tellement d'enfants à prendre ça puisse appuis ça et ensuite les mettre ensemble dans une eau boue de trois mois d'apprentissage individuelle de chacun des soutes h chacune des sous-tâches que peut-être il est capable de prédire mais s'est dit que ce n'est pas de la science s'est basé sur son expérience ça peut marcher mais c'est pas ça ne veut pas dire qu'on a compris comment ça se faisait oui c'est différent par contre elle la science elle ne dispose pas de cette connaissance je vous garantiront c'est bon on a des connaissances générales mais ça ne s'est pas dans le détail oui et c'est ok merci pour faire un élan alors le le le problème de maths d'automatisation on pourra peut-être y revenir à un autre moment dans le court la question est la définition de ce que l'on entend par automatisation c'est une question qui est intéressante et qui permet de discuter de pas mal d'aspects intéressants le juste une petite remarque avant de reprendre le plan de Boncourt une petite remarque c'est que quand on parle d'automatisation on parle des effets de l'automatisation c'est-à-dire diminution de la charge mentale c'est à dire la conséquence perçue un peu subjective qu'on peut mesurer d'ailleurs qu'on peu objective et donc c'est la conséquence il se passe quelque chose dans votre cerveau à force de répéter répéter répéter et ce quelque chose qui se passe dans votre cerveau à pour voie de conséquence que l'attention nécessaire à l'exécution de tâches à diminuer ce que vous appelez vous avez appelé la charmante mais c'est la conséquence pourquoi là la tension a baissé grâce à la répétition et à l'apprentissage première réponse réponse 1 avec la répétition et l'apprentissage votre cerveau à

trouver de meilleures solutions les réseaux de neurones se sont simplifiés il se sent un an il ya un mécanisme de sélection des réseaux de neurones et qui a été répété répété répété et petit à petit on a trouvé des réseaux de nous rend notre cerveau spontanément à trouver des réseaux de noix plus simple il les a gardés donc ça permet éventuellement d'aller plus vite peut-être de nécessiter moins d'énergie métabolites première chose deuxième chose par l'apprentissage et la répétition on a notre cerveau et éventuellement nous fait une recherche active pendant ce temps c'est pas ce qui se passe dans le cerveau millions de celle d'apprendre et de ça ne nous améliorer eh bien on a trouvé des solutions plus simples on a trouvé que tel mouvement il valait mieux exécuter ce mouvement que celui là il valait mieux regarder à tel endroit plutôt qu'un tel endroit et notre cerveau peut être grâce à la vision au lieu d'extraire 15 éléments dans la seine n'extrait plus que trois ou quatre éléments dans la seine et donc c'est simplifier le problème tout en conservant le même niveau d'efficacité oui la conséquence de ça c'est une baisse de la charge mentale de l'attention nécessaire puisque par l'apprentissage et la répétition on a trouvé des solutions plus simples ça c'est la cause oui gland rentrer dans la causalité alors un enfant que vous mettez dans un sport dans un sport collectif au milieu d'une défense de lui donner le ballon il va essayer de traiter toute l'information disponible dans l'environnement il va s'arrêter parce qu'il va être complètement surchargé d'être bloqués et là ait eu des choses qu'il va apprendre au fur et à mesure qu'ils pratiquent ce sport collectif c'est à ne prendre que l'information pertinente dans l'environnement autour de lui étant donné ces objectifs le contexte la situation égale à bête il ya des partenaires autour de lui une défense de telle nature et c'est avec l'apprentissage il va prélever de moins en moins d'informations prendre ses décisions et pour agir il va se simplifier la tâche et la charge mentale va diminuer ce n'est pas une automatisation au sens strict il n'y a pas quelque chose qui devient plus automatique non c'est quelque chose qui devient plus simple c'est pas la même chose c'est pour ça que le terme d'automatisation permettent de comprendre certains éléments mais nous empêche de comprendre d'autres éléments qui eux diminuent de façon objective et mesurables la charge mentale ou l'attention nécessaire mais papara mécanismes d'automatisation sens strict qu'est ce que ça veut dire automatique si je regarde deux choses au lieu d'en regarder 6 ça ne correspond pas la définition de automatique ça dit c'est juste que j'ai appris à simplifier la prise d'information oui ça c'est même si on le fait inconsciemment on va dire que la tâche que qu'on va réaliser les ailes est dû à un facteur extérieur qui valent à provoquer sans que nous on l'est on ait voulu la faire alors le problème de la conscience en fait passer mon expression on s'en fout je dis ça de façon un peu provocatrice mais la conscience ou l'inconscience dans le domaine des habiletés sensorimotrice mme et dans d'autres domaines ont pas tout ça du musulman a exprimé alors je vais pas simple attendez je vais juste me verdier et c'est moi juste finir le le fait d'être conscient ou inconscient de quelque chose quand on exécute des tâches et pour les processus en sur le moteur nous ne nous donne pas beaucoup d'informations oui pour certaines personnes seront conscience de pas mal de choses et pour en parler après coup a d'ailleurs c'est après coup d'autres personnes seront moins consciente moins consciente et est en fait elles ont les mêmes performances et le fait d'être conscient ou pas conscience est liée à d'autres d'autres problèmes oui c'est pas un critère entrée qui n'est pas inintéressant mais c'est pas très riche au final les travaux là dessus ils sont assez finale ne sont pas terribles mais je vous ai réalisé par exemple sur un blocage si quelqu'un m'en vois un coup de pied moi j'ai travaillé j'ai travaillé tellement ce mouvement que même sans réfléchir et sans juste de voir le pied qui arrive ma jambe elle va se lever pour le bloquer oui est ce qu'ils savent à une automatisation ça vous pouvez appeler ça le vous pouvez appeler ça automatisation c'est à dire vous réalisez un comportement qui vous coûte pas beaucoup en attention oui ça mais l'automatisation oui c'est ça ça correspond à cette définition d'automatisation ce que je voulais dire c'est que vous le faites sans réfléchir parce que peut-être votre système nerveux et votre système visuel est très sais pas peut-être c'est très probablement a construit des réseaux de neurones se sont construits et de façon routinière et de façon extrêmement répéter ces réseaux de neurones



sont très simples et ils sont capables d'extraire la bonne information à partir de la vision et cette information est très probablement très simple alors que peut être que pendant les premiers six mois la première année deuxième année de votre apprentissage dans votre sport sport de combat l'occurrence et bien votre système visuel n'était pas capable de prendre la bonne information sur une attaque de l'adversaire c'est aussi on peut pas exclure que la simplification [Musique] l'automatisation sait quelque chose on ressent une confiance des choses sans réfléchir d'un point de vue de notre expérience subjective on fait les choses sans réfléchir ça c'est notre définition de l'automatisation et là dessus il ya des scientifiques qui sont allés chercher ce concept d'automatique ils sont allés le chercher dans la mécanique dans la technique dans la technologie l'automatique c'est pas la biologie c'est au départ c'est l'ingénierie les machines et ses contrôles automatiques ouverture fermeture deux portes etc etc ok et on est allé chercher cette analogie pour expliquer ce qui se passe dans le cerveau votre cerveau n'est pas une machine un système biologique n'est pas une fille mais le concept d'automatisation est importé de d'une discipline scientifique qui s'appelle l'automatique et qu'il ya des applications un peu partout dans les objets techniques notamment la robotique mais pas seulement les chaînes de montage automatique le contrôle automatique des métros et ses assistants d'accord donc c'est une métaphore est un modèle une théorie qui vient de la technique importée pour la biologie à chaque fois qu'on fait ça ça peut être intéressant mais ça peut aussi avoir des limites puisque la biologie des place du marchix donc une question d'envoyer une question si épistémologique une question scientifique fondamentale et des conduits automatisation c'est qu'en fait on se dit bon il se passe quelque chose au cerveau qui fait en sorte que j'ai plus besoin de réfléchir ok mais une fois qu'on a dit ça on a réuni qu'est ce qui se passe qu'est ce qui différencie qu'est ce qui nous différencie entre les premiers mois d'apprentissage et le moment où on a cette impression de pilotage automatique de j'ai plus besoin de fabriquer ce qui s'est passé et c'est ça qui est intéressant et dans ce cadre-là l'automatisation le concept d'automatisation n'est clair rien c'est évident c'est con ça dit il c'est plus facile mais ça veut rien dire ça pourquoi c'est plus facile soit qu'est ce qui s'est passé dans le cerveau entre les neurones qui a changé soit qu'est ce qui s'est passé en termes de perception et de prélèvements d'information qui cellules grises ce phénomène mais on attend les réponses de bagnères c'est que les réseaux de neurones se simplifient avec l'apprentissage s'est pas exactement le sujet de beaucoup puisque je parle pas c'est un cours sur l'apprentissage on sait que ça je vais en parler un petit peu là là là le prélèvement de l'information avec l'apprentissage de se simplifier le problème sans le sait et fait en sorte que l'exécution du même mouvement ou de la même réaction de la même adaptation comme vous disiez un coût d'un adversaire est plus simple après un apprentissage qu'avant et nécessite moins d'attention je vais plus me voyez ça ce sont des explications et ça c'est certain les trusts simplifie élèves qui se veut plutôt sous forme associative et une automatisation et pas c'est pas le bon ça vous voyez il faut savoir qu'est ce qu'il veut dire il faut celui récurrent mais qu'est ce qu'il veut dire est qu'est-ce qu'il ne veut pas dire bon on va reprendre le cours mais c'est une mais c'est un débat qui est intéressant c'est une une qui n'est pas hors sujet c'est une question donc sur vision à ce qu'elle ya un lien entre la théorie qu'on avait vue sur la montagne et on se mettra sur la modularisation en gros on détruit et on construit de nouveaux points de deux nouvelles routines ou habilité en avait que ces neurones entre les connexions entre les neurones pas dit comme ça j'ai un peu du mal je suis pas absolument sûr de comprendre donc à ce que 1 euro ni 19 peut avoir plusieurs eu un enchaînement peut créer comment que gérabilité comment dire c'est ça allait non mais je veux un enchaînement de quoi il faut définir un peu plus prenez le temps pour définir un peu plus votre problème et moi je pourrais comprendre parce que là vous dites un enchaînement des synapses des neurones c'est pas trop il faut le redéfinir un enchaînement de quoi voulez dire en gros dunk dans le sauna est revin on a vu que comment les habilités motrices selon une théorie comment elles disent fait détruisons n'en détruit pour en créer d'autres ont vraiment reconstruit bakou et à ce que si un enchaînement de nouveau ni de connexion

ça a un rapport avec ça alors j'ai une réponse générale la réponse générale c'est la suivante en termes d'apprentissage tout ce qui se passe je dis bien tout ce qui se passe ça cuit sur des modifications qui ont lieu dans le cerveau dans les séquences de neurones comme vous dites dans les réseaux de neurones tout y'a rien qui peut se faire sans qu'il s'accompagne d'une modification dans le cerveau rien donc tout ce qui est lié à l'apprentissage vous avez vous observé quelqu'un vous observer son comportement et vous et des mécanismes d'apprentissage quels qu'ils soient ce que vous êtes en train de décrire j'apprends je construis l'habileté à l'habileté b puis je les modifie je construis habileté c'est ça c'est un exemple mais tous ceux qui portent sur l'apprentissage et que vous observez chez quelqu'un au niveau de son comportement vous pouvez être sûr c'est absolument certain il n'y a aucune ambiguïté pas d'exception que dans son cerveau il ya des modifications qui sont en train de se faire tout lesquels ça c'est une autre question beaucoup plus difficile d'y répondre dans le détail mais en tout cas vous êtes sûr qu'il ya des modifications synaptique il ya des modifications de réseaux de neurones certains réseaux de neurones remplacent les autres des nerfs réseaux de neurones grand deviennent plus petit des petits deviennent grands ces modifications des réseaux de neurones mais vous êtes sûr que c'est ce qu'on appelle la plasticité neuronale un lieu dans le cerveau chaque fois que vous observez un mécanisme un comportement dans lequel il ya de l'apprentissage [Musique] c'est une nécessité c'est à dire que un mouvement il est produit parce que il y à un réseau de neurones donc s'il ya des modifications de mou de mouvement il ya les modifications de réseaux de neurones ils peuvent être faibles ils peuvent être importants ça dépend ces changements mais ils sont nécessairement le bon alors on va enfin qu' un petit peu en année ou dans le court s'il vous plaît à pour la discute et d'automatisation et un étudiant fait le a essayé de faire le lien entre la discussion sur les habiletés et une partie du cours que vous avez fait au premier semestre sur l'acquisition de nouveaux comportements sur la base d'habileté anciens j'ai appris à gérer privé j'apprends c'est ça modifie à ça modifie paix où s'assemblent a et b bon voilà ce qui est par rapport à ça pour boucler pour clarifier certains éléments quand on apprend quelque chose on n'apprend jamais à partir de rien d'accord on n'apprend pas à partir de rien ça c'est quelque chose qu'on a bien compris dans les années 90 et les années 2000 quand on commence à apprendre quelque chose on a déjà des fondations on a déjà une histoire si vous préférez on arrive avec une histoire d'apprentissage derrière nous une expérience on arrive avec ce que certains appellent un répertoire c'est à dire un ensemble de d'habileté déjà disponibles qu'on a prises l'année d'avant simon avant un an avant dix ans avant quand on était tout petit et on a tout ce répertoire de solutions motrices et de solutions de perception tout ça on en dispose c'est dans notre mémoire silence conservons et quand on apprend quelque chose de nouveau et bien cet apprentissage s'appuie sur cette expérience sur ce répertoire sur cette mémoire on n'apprend pas partir de zéro d'accord ça c'est quelque chose de flagrance est évident qu'on appartient on se base sur des habiletés vous pouvez l'appeler des habiletés des savoir-faire des comportements qui sont déjà dans votre répertoire vous savez déjà faire et vous allez vous allez vous appuyez sur eux pour faire de la nouveauté pour apprendre autre chose ok alors je reprends j'arrêtais instabilité donc je disais on a cette contribution qui perturbe nos comportements parce que ça perturbe nos réseaux de neurones là ici faut bien comprendre c'est quelque chose qui vient d'échelle tout petit plus petit que l'échelle de la cellule puisque c'est les canaux ioniques à l'intérieur des membranes de nos neurones qui laisse passer les ions c'est-à-dire un lion c'est juste un atom avec une molécule avec un électro en plus ou en moins donc qui est chargée électriquement donc un attendent on est à l'échelle atomique c'est plus petit que la cellule d'échelle très petit dans lequel la matière est un agitation et en particulier dans les solutions aqueuses les solutions où il ya de l'eau eh bien ces petites perturbations tout petit petit petit elles peuvent avoir un effet sur les neurones sur les réseaux de neurones et donc de loin en loin que notre couple mais notre mais ne va pas se déplacer de 20 cm gauche 20 cm à droite à cause de ça ce sont des petites perturbations mais dans certains cas de figure elles peuvent avoir un effet important quand est ce qu'elles peuvent avoir un effet

important quand votre comportement ne repose pas sur un fonctionnement sur des habiletés qui sont très stables c'est à dire des réseaux de nous rendre qui sont très stables corps quand votre comportement repose sur des habiletés des réseaux de neurones donc qu'ils sont très stables qui sont très très bien structuré et bien les petites perturbations ne vont pas détruit un ensemble de l'est fils c'est ce qui est représentée ici à gauche sur ce schéma avec un exemple avec la marche on a représenté on a mesuré avec des plateformes force vous fait un modèle schématique des squelettes du bas du corps donc le bracelet jusqu'aux quais on voit une marche qui est stable et bien il peut y avoir des perturbations au niveau des cellules notamment des neurones ça ne va pas détruire l'ensemble à droite c'est vous avez une marche qui repose sur une habileté des réseaux de neurones instable imaginez soit le nouveau né soit la personne très âgée soit une personne qui est malade soit une personne qui a pris l'estrie des psychotropes ou alors qui est qu'il soul ça marche devient instable alors les petites perturbations ont eu d'impact important donc à gauche les perturbations au hasard au niveau cellulaire est en dessous perturbe peu parce que la stabilité permet de résister aux perturbations à droite les petites perturbations aléatoire à l'échelle cellulaire est plus petit perturbe beaucoup plus plus pourquoi parce que le comportement les habiliter les réseaux de neurones sont instables et ça peut être pour plein de raisons encore le modèle physique simple pour comprendre cette notion de stabilité et de résistance à des petites perturbations c'était une métaphore c'est un modèle une analogie imaginez un vase ici que l'on verrait en coupe et dans ce vase vous mettez de billes métalliques vous posez se base sur la table et vous avez c'est la flèche verte ici la gravité c'est à dire une force qui attire tous les objets qui ont une masse dire qu'ils ont de la matière des atomes ça les attire vers le centre de la terre sur terre cette bille va donc être attirés vers la position la plus basse dans le monde elle va rester dans ce position-là en position de repos si maintenant vous fait bouger la bille qu'est ce qui va se passer vous attendez de seconde 3 secondes 30 secondes la vie va revenir vers cette position basse quand elle va demeurer dans cette position elle va y revenir même si vous perturber un petit peu elle va toujours revenir dans cette position basse qu'est ce que ça veut dire ça veut dire que cet objet dans cette configuration là dans cette position-là est dans une position qui est stable d'accord et ici il s'agit pas du tout de quelque chose de biologique c'est un exemple pour comprendre la notion de stabilité le concept stores stabilité c'est un objet mécanique purement mécanique maintenant si vous retournez le vase et qu'il espère y est vous posez votre bille en eau si vous ne faites rien et que vous la posez précisément au elle va pas tomber par contre vous perturber à peine un petit peu et là comme la conséquence est cette fois ci va être complètement différente une petite perturbation entraînant un très grand changement entraîné la chute de la vie pour des raisons mécaniques purement mécanique concours du fonds mais ça ça veut dire que la position dans ce cas-là de la bille sur le dessus du vase qui a été retourné ce vase circulaire qu'il nous faut en particulier comme une grosse boule et bien cette position là est instinct c'est ce qu'on appelle un système instable d'accord donc si vous avez des habiletés des réseaux de neurones qui vous permet d'avoir un comportement stable vous voit vous allez pouvoir assurer une fonction marcher manger parler écrire taper sur l'ordinateur faire du sport faire telle ou telle action était notre action dans sport vous allez pouvoir l'assurer en résistant petite perturbation qui a dans votre dans votre système l'inde qui vient des plus utilisés chez si au contraire votre réseau de neurones n'est pas encore stabilisé ou alors qu'il devient instable pour une raison ou pour une autre à cause d'un accident cardio vasculaire cérébral à cause d'une d'une drogue à cause de la fin sig ou autre chose à cause d'une blessure à cause d'un traumatisme crânien vos réseaux de neurones deviennent instables à cause de ça ça peut arriver eh bien les petites perturbations au niveau cellulaire vont avoir un impact très important sur notre comportement vont provoquer des erreurs importantes et l'éventuelle mans pour vous empêcher de réussir à satisfaire vos buts et réalisé les fonctions que vous voulez réaliser est-ce que moment est ce que mon explication est suffisamment clair oui très bien là on a un bloc théorique qui est solide et qui est très cohérent et qui très important on a donc une définition de la stabilité on a

la distinction entre deux contributions stabilité de nos de nos comportements grâce à des réseaux de neurones perturbations au hasard à des échelles plus petit que que la cellule et la rencontre des deux donne ce qu'on va observer au niveau comportemental des gens qui vont au comportement très très reproductible très précis très certain qui grâce à la stabilité et d'autres cas de figure d'autres personnes des comportements qui sont incertains ils sont variables et qui sont plus susceptibles de faire des erreurs j'imagine que vous avez tous vu d'enfants qui commencent à marcher et commence à se mettre debout il reste une demi seconde y retourne qu'est ce que ça veut dire sans réseaux de neurones qui s'occupe de la marche n'est pas encore stabilisée d'accord et par essai erreur et par imitation et en étant idéal pour se tenir debout il va constituer le réseau de neurones qui va lui permettre de stabiliser son patron de marche quoi qu'ils veulent de percevoir les bonnes choses et de se comporter de la bonne manière d'avoir les bons mouvements et tout ça de façon stable et donc il va résister aux erreurs si comme de l'évoquer camarades vous montez sur une slackline et vous l'avez jamais fait ce type d'exercice vous allez normalement si elle n'est pas trop tendu en plus vous allez monter sur notre live et vous allez réussir au mieux il reste une seconde de et ensuite vous allez être éjecté ce qui est tombé par terre vous pouvez même tout cas c'est un droit ou une épaule ce faisant et puis on apprend en apprenant et bien vous allez réussir à stabiliser votre posture sur la slackline vous allez apprendre à stabiliser la posture sur la scène vous allez trouver les bonnes solutions pour rester sur la slackline ça veut dire que vous allez stabiliser des réseaux de neurones vous allez réaliser un apprentissage et vous allez stabiliser les réseaux de nos ses réseaux de neurones il inclut la vision consciente ou pas consciente la vision sert à réguler la stabilité la la posture la stabilité la posture l'équilibre verticale vous allez utiliser votre système nerveux à utiliser le système vestibulaire votre système nerveux va utiliser tous les récepteurs d'une année et musculaires entre corps pour connaître la position des différentes parties du corps et votre système nerveux en permanence moduler les activations musculaire les contractions musculaires aux différents étages dans votre corps depuis votre cheville jusqu'à votre tête jusqu'à votre nuque du cac et y compris les muscles des yeux pour stabiliser les yeux et la vision tout ça il va falloir que se soit stabilisée vous voyez très clairement quand vous montez pour la première fois cynisme à cannes quand quelqu'un comme pour le nouveau né qui essaie de se mettre debout voyez très clairement ici un comportement qui n'est pas stable la moindre petite perturbation pouf il tombe y descend on s'est dit c'est l'exemple d'un comportement il n'y a pas d'équilibre est là c'est c'est vrai pour un comportement dans lequel nos jeux et un équilibre un équilibre mécanique s'est pas seulement l'équilibré quand on voit quand un enfant ne s'est pas écrit ou qui ne sait pas utiliser sa fourchette et son couteau ou qu'il ne sait pas faire ses lacets c'est parce qu'il n'a pas stabilisé son habileté mais c'est pas une habileté qui repose sur un problème d'équilibre mécanique de quoi mais les exemples les plus criants dans lequel on voit des comportements qui nous sont constable ce sont dans les tâches pour lesquelles il faut gérer un équilibre mécanique se tenir debout se tenir sur une flaque la lasser ou alors une une bille en équilibre sur en vain c'est dans ces cas là qu'on a de façon non plus compréhensible visible criante une illustration de la différence entre stable et instable mais ça ne veut pas dire que le problème de stabilité n'existe que dans les problèmes d'équilibré mécanique ne pas tomber le raisonnement existe pour tous les comportements parler écrire bricoler peindre dessiner et envoyer un ballon recevoir un ballon si votre réseau de neurones des pas stable votre comportement sera pas stable vous avez loupé le ballon et vous avez loupé la cible en envoyant le ballon à mon partenaire quand donc l'enseignement général l'exemple le plus simple c'est dans le cas d'équilibre mécanique le plus simple à comprendre non je fais appel à votre intuition hockey alors on va maintenant qu'on a ce cadre là on a un cadre théorique très puissant qui est un cadre général du contrôle moteur du contrôle des habiletés et y compris de l'apprentissage on va s'attaquer à un exemple pour rentrer dans le problème de la coordination on a vu la définition de scott qu'elle sort de la coordination vous en avez eu probablement comme semestre et au deuxième semaine on va s'intéresser au jonglage et alors

première chose je vais vous montrer une illustration [Musique] alors je vais changer le partage et je vous montre un petit clip donc il y a il ya quelques années une dizaine années de ça on m'avait demandé de participer à une petite émission sur le jonglage et cette émission elle passait sur une égale m6 elle passait sur m6 et ça s'appelait incroyable talent quelque chose comme ça moi je vous passez le petit clip un temps pas monsieur le chien on entend pas son nom bryce à ségou bon c'est pas bien grave on va zapper ce peut-être ap très mauvaise qualité audio il y en a qui entendent mais très peu quoi j'ai pas forcément je sais pas comment remédier à ce problème on va zapper on va passer à la suite je vais zapper le clip et puis je vais reprendre je vais reprendre l'argumentaire donc je vais vous expliquer enfin peut-être très brièvement donc on avait on avait un jongleur de professionnels qui jonglaient dans des cirques autre chose comme ça qu'il est qui est venu dans le laboratoire on a muni ce jongleur de carter voyez comme moi j'étais équipé ici vous voyez ça c'est julien lagarde il ya dix ans et 12 ans donc habillés en noir avec des capteurs ont peu partout sur le haut du corps des caméras qui permettent d'enregistrer les mouvements de ces capteurs ce sont des bouts de l'adhésif c'est très simple elle réfléchissait réfléchissent la lumière ce sont les caméras qui qui récupère cette lumière est un logiciel très sophistiqué sur un ordinateur qui est capable de reconstituer les déplacements dans l'espace physique en trois dimensions x y z de chacun de ses marques à ça nous permet d'avoir la position de l'ensemble du corps pendant le mouvement et on a placé sa sur un volontaire vous voyez ici et qui était à l'époque un étudiant de tête on l'a placé sur le le champion la de jonglage l'expert on lui a fait faire un jean galle qui pour lui était très simple on l'a placé sur un étudiant qui était en thèse à l'époque qui s'appelle grégory zellik qui maintenant travail en australie est un étudiant en staps tout va qui lui avaient un niveau intermédiaire vous voulez l'expert qui a une super niveau en plus on lui a fait faire un jonglage et est très simple et puis on a comparé un petit peu les trajectoires qu'ont obtenus et je vais vous en parler hein je vous en parlais et moi ce que j'ai expliqué à l'ats ce jongleur et pendant l'émission c'est que des travaux qui ont porté sur le jonglage on a mis des jongleurs de très très haut niveau dans des scanners irm il me tuerait la taille de leur cerveau et de la matière grise c'est à dire des neurones et de la matière blanche c'est-à-dire des fibres elle connecte homme que nous est montré et des chercheurs ont créé clairement identifié que dans le système visuel des jongleurs experts on avait une augmentation du volume de la matière et crise et de la matière blanche est donc bon ça ça ne donne pas des indications très très très précise mais on comprend qu'il ya une plasticité cérébrale massive importante dans le système visuel et donc qu'une grande partie du secret du jonglage se passe dans la vision se passe dans le traitement des informations visuelles qui doit être très rapide et qui doit extraire des informations sur une vitesse et la position des balles en trois dimensions et ceci très rapidement donc il ya des transformations il ya de la plasticité dans le cortex visuel qui se situe à l'arrière de notre d'entre 0 voilà qui peut ce que j'ai expliqué lors de cette émission bon de plus avec quelques animations pour montrer à quel endroit ça se passait dans le cerveau ceci cela oui ok alors on va faire un autre un autre partage je veux dire ici je fais encore notre partage je vais vous montrer alors je vais arrêter de ce groupe parce que vous n'avez pas encore alors attendez un j'arrive à g alors ce moment c'est un peu compliqué c'est un petit peu compliqué excusez moi un peu de patience je vais y arriver c'est parce que je voulais vous montrer c'est sûr je vais vous montrer le résultat d'une de ces analyses donc on avait fait ça ok je reviens au partage [Musique] voilà donc on a fait à des enregistrements et on a obtenu comme ça pour un jonglage très simple avec trois balles les positions trois dimensions des bras des poignets des mains des avant bras du buste et les trois ans alors vous voyez ce triangle qui se déplace je veux le relancer oui c'est donc ici on a le bras gauche et le bras droit le bus qui sait marquer pas un deux trois quatre cinq points qui sont reliés par des bars des tiges et devant la personne qui était en train de doubler donc quand vous avez son bras droit son bras gauche son buste vous avez cette espèce de triangle est en fait chaque balle était un marqueur donc vous avez les bars qui sont reliés par un segment régime et ça c'est le logiciel qui lui faisait ça n'a aucune

importance chacun de ces points étaient de l'une des trois balles c'est un jonglage 5 avec trois balles c'est un jonglage qui s'appelle jonglage en cascade l'horloge tourne pas autour avec les tours de le film de mesure autour de la personne et vous voyez donc qu'on a pu enregistrer en 3d les positions donc je vais revenir mon amant diaporama je suis désolé on n'a pas eu le on appelle le sang le sang vous avez de nouveau - un diaporama sous les yeux oui ok alors donc on a on a enregistré ce jonglage là il ya un exemple d'une des personnes qui ont participé à des expériences vous voyez les trois balles étaient ouvertes de désir réfléchissant le haut du corps il on a posé dessus des marqueurs réfléchissant donc on avait les positions des trois balles et les positions des bras et du buste ici vous voyez un enregistrement avec isoler la trajectoire d'une des balles en bleu sur trois axes antero postérieur latéral et verticale et la trajectoire de la main alors on avait en iso hisser pour faire ce graphique un seul marqueur sur la main à main droite est on est on voit cet enregistrement et les petits points ici vous voyez jaune c'est les endroits où la balle est lâché et les petits points l'écart est par exemple ici packard et pas les petits points l'écart est un peu petit sur votre écran je pense ce sont les endroits où les balles sont attrapés par cette main donc dans ce type de jonglage avec trois balles qu'on appelle le jonglage en cascade aux films figurant 8 avec les ballons devant nous vous voyez qu'il représentait sur ce schéma un envoyé en rouge ici à trajectoire des balles qu'ils font une figure en 8 devant le jongleur et c'est ce qu'on retrouve ici ça c'est pas le schéma ce sont les trajectoires réels qui ont été mesurés par notre dispositif de laboratoire et vous voyez si les trajectoires des balles donc qu'est ce qu'on remarque on remarque que les balles ne passe pas exactement deux fois au même endroit et on remarque la trajectoire de la mène en noir ici elle occupe une partie de l'espace bien déterminé le fim espèce de cycle 1 2 boucles à l'intérieur de cet espace elle repasse sans arrêt par lui-même lui même endroit mais pas exactement où les membres 1 c'est ça vous rappelle ce que je vous ai raconté la dernière fois sur la tâche du fixe on a une structure une variante mais à chaque cycle d'action on a une variabilité une petite variabilité alors cette petite variabilité et bien on peut l'interpréter avec notre théorie contribution aléatoire bruit hasard et stabilité c'est la rencontre des deux qui fait que notre comportement est un peu variable il y a toujours de la variabilité dans notre mouvement parce qu'il ya toujours du bruit dans notre système qui va un petit peu perturbé notre notre comportement heureusement il ya la stabilité qui va permettre de conserver le patron de coordination et donc la structure invariante voiliers et donc c'est ce que vous voyez ici la dernière fois je vous avais montré pour la tâche de filles ici quelques pointage successifs on avait la vitesse en fonction de la position et vous voyez qu'il y avait quelques il y avait quelques pointage tac tac tac cinq ou six pointage successifs et vous voyez des cycles quand on trace position en fonction de vitesse et envoyer les cycles avec une structure qui ressemble à une ellipse cercle noval un peu déformés on voit les structures et variantes et en même temps voie de la variabilité d'un cycle à l'autre et certains d'entre vous m'avez dit om ça c'est le schéma moteur effectivement dans la théorie du schmitz et le schéma moteur et on retrouve ça aussi dans le jonglage donc on a les positions en fonction du temps des mains qui sont en partie régulière une variante mais il ya toujours une variabilité ya toujours une part de changement et une part de ce changement est dû à des petites erreurs du hasard des perturbations au petite échelle dans notre système nerveux corps et bien la variabilité c'est ce que j'ai expliqué avec perturbations aux petites échelles stabilité des comportements et des réseaux de noront quand vous avez les deux alors vous avez de la variabilité si vous n'avez pas de stabilité il se passe rien vous ne pouvez pas vous comportez vous tombez si vous commencez à apprendre et à voir début de stabilité alors vous allez monter sur la slackline bouger beaucoup donc être très variable est tombé au bout de deux trois cinq dix secondes mais vous êtes d'abord et ce type 10 secondes sur la slackline vous avez un peu de stabilité du bruit vous êtes très variable vous tombez quand vous n'avez pas du tout d'apprentissage et que vos patrons de coordination ne sont pas la règle aux réseaux de neurones ne sont pas là vous montez sur la centaine de tombes et tout de suite il n'y a même pas de variabilité il y à une perte totale immédiate de

d'équilibre vous tombez il n'y a pas de comportement corps donc d'abord il ya un début de stabilité de votre comportement avec l'apprentissage très variable et puis vous renforcer cette stabilité par l'apprentissage et vous devenez moins variable d'accord cette variabilité c'est la rencontre du niveau de stabilité de votre habilité voulait être peu stable vous allez être très variable vous êtes très stable vous allez être moins variable donc c'est la rencontre du niveau de stabilité de notre habilité et donc nouveaux réseaux de neurones et du bruit qui est dans notre système c'est le bruit qui vient faire varier voilà l'art explications bruit fait varier et dont j'ai déjà parlé aux petites échelles et l'instabilité oui il est grand je serai pas là 1 que j'ai pas compris le rapport avec la théorie des schémas moteur est ce que ce que ce que schmidt s'expliquer avec un schéma moteur elles sont une autre école théorique l'expliquent évoquant cette question de stabilité il n'est pas trop de coordination donc il ya un aspect économique tout ça dans l'affairé des fuites ces deux explications qui sont qui utilise des mots et des concepts différents pour essayer de rendre compte de la même chose la théorie de schmidt dit vous apprenez vous construisez une mémoire dans votre cerveau et cette mémoire c'est le mémoire de la forme générale de la structure du geste et chaque fois que voulait faire un geste spécifié dans une situation vous allez cette structure générale vous allez l'agrandir la rendre plus petit et vous allez faire un geste plus grand plus petit plus rapide moins rapide avec plus de force avec moins de force devait faire varier cette structure donc avec les programmes un moteur général et les rites par l'utilisation exacte ça c'est dans la théorie de chute maintenant il ya une autre théorie qui utilisent des équipes qui part avec des concepts complètement différents qui sont issus de la physique notamment et qui dit eh bien le mouvement a une part de variance et il ne part des variances une part de variabilité et une part de structurer variantes pourquoi et bien parce que quand vous apprenez vous construisez un réseau de neurones vous stabiliser ce réseau de neurones et quand ce réseau de neurones et construit déstabiliser il permet de contrecarrer le bruit dans le système le mouvement brownien à l'échelle microscopique et la variabilité qu'on observe elle est due à 100 donc ce sont des explications qui sont très différentes on pourrait faire des ports entre les deux types d'explications mais ce sont des explications très différente dans la deuxième explication ne parle pas de schéma moteur on ne parle pas de programme moteur on parle de variabilité causés par la stabilité et la perturbation à l'e3 encore stabilisation des réseaux de neurones qui permettent un stabilisation de patron de comportement et cette stabilisation résiste au bruit mais le bruit introduites toujours de la variation toujours un peu de variation oui ce sont des explications qui sont très différentes regardez crise en apprentissage implique six sites et c'est raymond plasticité cérébrale elle implique labellisation réseaux de neurones et n click isation les patrons de coordination ont dit plus simplement du comportement moteur cette stabilisation implique une résistance aux arts aux sources de perturbations je vais dire j'ai beaucoup parlé maintenant vous savez ce que c'est surtout de biologique appelle parfois le bruit embaumant monnier la rencontre est habilité et réseaux un tout le monde derrière les réseaux de neurones cent ans contre stabiliser le patron et bruits applicabilité donc une structure elle va rien y habiter action c'est un autre type d'explications ok là monde sans merci ok ce jonglage alors c'est intéressant le jonglage pourquoi parce que le jonglage c'est une action compliqué c'est assez compliqué en radiant il faut bouger beaucoup de parties du corps quasiment tout le corps est ce qu'ils se déplacent et la posture un expert ce ne va plus trop déplacé le bas du corps mais un débutant il va se déplacer vers la voir par l'arrière il va poursuivre ses ses balles à chaque fois qu'il fait une erreur il lance la balle un peu trop loin il va se déplacer pour la suite donc ça va être assez compliqué et puis c'est compliqué au niveau visuel puisque il ya trois balles et donc on a deux mains trois balles au début c'est vraiment un problème une balle demain on y arrive bien deux balles demain on y arrive un peu moins bien mais trois balles demain là ça pose un problème et il faut franchir cette étape si vous avez vous n'avez jamais essayé de jongler avec trois balles essayez vous allez voir au début ses échecs sur échecs ça veut dire que vous n'avez absolument pas le patron de coordination vision bras mains disponibles pour jongler avec trois balles vous ne l'avez pas si vous

n'avez jamais essayé vous n'y arrivez pas et puis vous essayez une fois deux fois trois fois avec un modèle vous regardez un copain qui joue qui vous montre un langage simple avec trois balles de jonglage qu'on appelle en cascade où vous regardez le film et puis au bout du dixième essai 11e 15e 20e ça dépend des gens cinquième pour les gens très doués et bien pauvre vous allez trouver un petit peu la combine à Kubin le patron de coordination pour jongler avec trois pales c'est à dire vous avez une balle dans une main et de balles en l'air ou de temps en temps une balle dans ce championnat et la 3e et vous tournez comme ça à part en jonglage c'est quelque chose qu'on ne voit jamais rencontré donc c'est une situation intéressante pour étudier l'apprentissage et les nouvelles coordinations puisque c'est pas quelque chose que vous avez appris à voir donc c'est le nouveau on peut essayer de voir comment ça s'établit alors le jonglage ça se passe au niveau des yeux ça j'en ai parlé ça se passe aussi beaucoup au niveau des mains et au niveau des doigts alors ici vous voyez c'est des trajectoires successives de la main gauche et même à droite il y avait beaucoup de marqueurs vous voyez l'image sur la gauche ici c'était un expert ça c'était un autre enregistrement un expert du jonglage il avait des gants il y avait plein de marqueurs sur ses mains donc c'était assez compliqué à faire on n'a pas trop utilisé mais on a quelques images que je vous montre ici il n'y a pas trop utilisé ces enregistrements voyez ici tous les petits points ce sont des points successifs des marqueurs ses déplacements d'un marqueur sur les navets plusieurs sur chaque doigt et vous voyez donc les mains qui s'ouvrent qui se ferment donc on ne sait pas exactement comment elle se fait mais vous voyez qu'elle fait un cycle spatial elles sont en train de tourner plus ou moins autour de nous et je vous ai illustré ici façon schématique ce qui se passe c'est que quand elle arrive à l'intérieur chaque même de façon alternée gauche droite gauche sur le film tout à l'heure eh bien il y a la main qui danse la balle et c'est l'autre main qui va l'attraper à l'extérieur donc vous lancez à l'intérieur donc c'était comme si si et vous lancez la balle à l'intérieur et vous la trappez et parlez autrement avec l'autre main à l'extérieur vous vous lancez à l'intérieur lancé lancé lancé lancé et vous attrapez à l'extérieur attrapé attrapé attrapé attrapé nous façon alternée et sape avec deux balles ni avec une lame et trois qui sont en train de faire 8 une petite pause sofiane on va faire une petite pause on va faire un six minutes de pause ok allez je vais mettre pause aussi sur l'enregistrement 6000 de pause est il ce troisième cylindre symbolise la main donc vous avez articulation des pôles articulations du coup de l'articulation du poignet donc sur chacune de ses articulations vous avez des mouvements de rotation sur plusieurs axes pour l'épaule vous avez trois axes pour le coude vous avez et l'avant bras qui tourne sur son axe ça vous fait deux angles donc deux axes différents l'avant bras a pivoté sur son axe c'est ce qui vous permet de passer de pronation en supination et au niveau du poignet vous avez aussi deux axes de rotation flexion extension flexion extension et adduction abduction ok alors ça ce sont les angles du bras donc ça vous fait 3 + 2 + 2 ça vous fait cet angle pour chaque bras donc au total quatorze 14 angle ici là j'ai mis ce schéma juste pour ceux qui sont le moins familiers de ce genre de choses pour définir un angle est différente position angulaire alors ici avec un exemple plus simple avec un seul angle au niveau du genou ça c'est juste une illustration pouvoir puisque c'est qu'un angle au niveau d'une articulation et c'est la même chose que l'on utilise pour décrire les positions de d'un bras alors la coordination des mouvements il est patron de coordination vont concerner vont être concernés par les différentes positions de ses articulations les à ce qu'on appelle la coordination segmentaire ou la coordination articulaires la coordination des segments du corps bras avant bras mains ça peut être piégeux nous enfin pied bas de la jambe haut de la jambe cuisse trop buste donc ça ce sont des segments du corps et la coordination des patrons de coordination concerne les mouvements ordonnés de ses différentes parties du corps le loup mais aussi un axe de rotation si vous voulez mettre votre pied contre pied vers l'extérieur votre pied vers l'intérieur c'est juste une définition pour ceux qui se rappellent plus que c'est qu'un angle un angle c'est un rapport de l'ong mathématiquement alors quand on a étudié la coordination au double on a donc défini cet angle pour un bras et s'étendent pour l'autre ment oui on a donc au total 14 angle particulier



et quand on enregistre ensuite les marqueurs sur une position que vous avez vu sur le haut du corps en à partir de ces positions de ces marqueurs on utilise des règles je lui tire essentiellement si vous voulez des règles de trigonométrie qui nous permettent de calculer des angles entre ses différents segments du corps telles que définies en bas ici ou trois anglais paul ii au niveau du con de l'avant bras et de haut niveau du poignet et on peut enregistrer donc est calculé en fonction du temps comment évoluent les angles pendant le jonglage avec trois balles tels que je voulais montrer donc ici jamais enlevé heures parce qu'il avait un enregistrement parce qu'il a une tête un peu bizarre comme ça vous fait vous avez 14 ans n'avait que treize qu'il n'en est rien en fonction du temps donc je vous n'aurez pas les angles qui sont concernés si c'est au niveau du cou au niveau de l'épaule les angles qui ont beaucoup et qui est voulu qu'une amplitude de mouvement important dans le jonglage se situe au niveau de l'épaule et au niveau du coude il ya deux angles essentiellement qui ont beaucoup d'amplitude les autres beaucoup moins d'amplitude de moules qu'est ce qu'on voit tout de suite angoua qui a une évolution rythmique oui un rythme qu'au mieux oui voyez à risclé qui apparaît sur ce schéma donc il ya ici quelques secondes d'enregistrement on a enregistré les positions de debra plusieurs fois par seconde sans fois par seconde on avait des caméras un système qui a enregistré 1 100 images par seconde ce qui nous fait une fréquence d'image 200 hertz sans images par seconde et donc là vous voyez quelques cycles de jonglage chaque fois par exemple si vous regarder l'enregistrement en rose en fonction du temps ici chaque fois qu'on fait un cycle complet admettons que vous démarrez le cycle en eau et vous revenez à la position haute ici vous avez fait un cycle en deuxième cycle un troisième cycle eh bien chacun de ces cycles sait a lancé le bal à chaque fois que vous avez ainsi que comme ça alors si onze on se rend compte qu'il ya une synchronisation alors l'euro de manière pour être un peu coupé ici il ya une synchronisation entre articulation des bras donc ici j'ai superposé une verticale qui va nous indiquer en pointillés j'en ai mis deux qui va nous indiquer une date bien précise et on va regarder ce qui se passe sur quelques-unes de ses séries temporelles jamais isolé quelques du petit vous voyez la bleue vous voyez la rose vous voyez la verte ici par exemple vous voyez même la rouge avec des amplitudes de mouvements angulaires très petit vous voyez la verte avec des formes d'évolution rythmique qui sont beaucoup plus compliquées que la bleue et que la rose mais qui sont néanmoins et rythmique et vous voyez que c'est sur ces différentes positions angulaire ces différents séries temporelles vous avez une variation d'amplitude qui sont pas les mêmes amplitudes et vous avez une variation de forme certaines sont des formes simples la bleu vert rose je répète d'autres ont des formes d'évolution plus compliquée par exemple l'un vertes avec beaucoup plus de piques mais qui sont régulières et qui se reproduit dentition technique et vous voyez si vous tracez une verticale et vous déplacez votre verticale vous voyez qu'à chaque fois c'est toujours les mêmes événements les mêmes marqueurs sur chacune de ces séries temporelles si l'enregistrement temps pour exemple qui apparaissent donc c'est le moins évident c'est peut-être sur la série rouge la plus basse ou lord a du mal à trouver la rythmicité dans cet angle dans cette dans cette évolution en muller je pense que c'était au niveau du poignet donc c'est en partie dû à la définition des angles et 2 donc un problème technique éventuellement une mesure un peu plus rendu un peu plus compliqué mais c'est aussi parce que le mouvement sur ces deux angles au niveau du poignet n'est pas forcément totalement rétives donc on voit que c'est synchronisée si on regarde ici donc un premier instant arbitraire que j'ai regardé sur ce schéma oui il ya un pic au niveau de la série verte elle pique au niveau roth un creux au niveau bleu et un creux au niveau vert ici si on regarde un deuxième instant pris au hasard d'un deux roues un pic au nouveau maire un pic au niveau rouge un minimum au niveau d'un creux au niveau bleus est de nouveau un creux au niveau vert donc vous voyez que on retrouve les mêmes événements au même instant qu'ils sont associés ce qui est une façon de définir la synchronisation qui lie à dalle de jonglage et une synchronisation au niveau des mouvements articulaires donc la coordination le patron de coordination ici peut être décrit comme une synchronisation des mouvements articulaires quand alors on va rentrer dans une autre

dans une autre étape de notre analyse est ici l'objectif c'est d'essayer de se livrer à une décomposition de l'habileté jonglage donc à quelqu'un qui apprend à jongler et au bout d'un quart d'heure vingt minutes demi-heure une heure deux heures arrive à peu près à jongler quelques balles de façon consécutive les unes après les autres sans laisser tomber le bas donc pour faire ça il ya un patron de coordination il ya un apprentissage qui a agi pour avoir ce patron de coordination alors cette coordination elle est assez compliqué on a vu les yeux vision on a vu les mains on a vu les ouvertures et les fermetures très précise des doigts pour attraper les balles et pour les lancer avec la bonne trajectoire les lancer en l'air pour que l'autre mais les attrape on a vu une évolution de la posture ou non vu que débutant suivait un petit peu les bas et donc il ya un problème les équilibres et il ya aussi un problème de respiration qui vient aussi qui peut perturber tous ces éléments donc on a vous voyez ici plateforme de force en gris on voit pas très bien avec deux pieds posés dessus c'est pour symboliser que la posture est impliqué l'équilibré gestion de l'équilibre est impliqué dans le jonglage la flèche verte nous indique ici qui a une relation à établir entre les deux mains ce qu'on appelle une coordination by manuel qu'on a déjà vu on aider dans la tâche de fils avec les mains qui est donc on sait déjà que le timing est très important pour la coordination entre eux demain ça va être vrai aussi pour le jonglage donc c'est cette flèche anglais on a une flèche en bleu qui nous indique que la coordination des mains et la vision on voyait les yeux ici ils sont représentés de façon un peu rigolote amusante en eau aucune coordination entre les mains les mouvements des mains et la vision donc l'oeil voit la balle le elle voit aussi en partie la main en train de se déplacer cette coordination est humain est très importante et la flèche rouge c'est la coordination entre les mouvements des mains les mouvements des bras et la posture et on a un troisième élément ici la respiration qui a aussi des travaux ont montré qu'elle avait un impact sur le jonglage en effet quand on gonfle notre cage thoracique pour inspirer ou quand l'un des gaufres pour inspirer ça déplace un petit peu notre centre de gravité s'agit aussi d'un point de vue mécanique un petit peu sur les mouvements des bras et ça va influencer sur notre notre équilibre puisque notre centre de gravité sa position bouge légèrement d'avant en arrière et puis la forme du buste qui dégonflé et qui gonfle va agir aussi sur le mouvement de bras donc tous ces éléments doivent être courts de blesser le coordination d'un ensemble assez vaste de parties du corps et de mécanismes de contrôle du geste qui seront assez variés vision mains doigts posture respiration alors maintenant on va essayer de comprendre comment on peut décomposer cette habileté d'accord c'est les caps c'est l'étape suivante qui est un peu compliqué donc ça ça va nous occuper un petit peu donc je vais passer très rapidement quelques diapos depuis je vais revenir donc on a un premier grand tableau ici un peu compliqué on va le décomposer et on va zoomer sur certains éléments de ce grand tableau une première fois une deuxième fois une troisième fois une troisième partie du tableau une cale quatrième partie du tableau on va voir des tâches principale impliqué dans le jonglage on va voir un résumé des habiletés samsonite rice et les habiletés cognitives et impliqué dans le le jour alors je vais vous expliquer d'abord l'objectif est ensuite on va revenir vers son père ce tableau un peu compliqué l'objectif c'est de vous illustrer une façon de décomposer un comportement compliqué qui implique beaucoup d'élus plusieurs éléments beaucoup plusieurs voir comment on peut essayer de le décomposer en éléments plus simple alors ce travail de décomposition il a été fait avec plusieurs collègues qui ont réfléchi à la question et c'est donc une tentative de décomposition des habiletés alors vous voyez les collègues ils sont nommés en bas ici et pour pour ce travail là c'était notamment quelqu'un qui s'appelle dont le nombre est de gopher oui c'est essentiellement danny glover et des personnes dans son équipe qui ont contribué à ce travail d'accord alors en quoi c'est intéressant c'est intéressant parce que ça vous donne un exemple d'analyses possibles d'un comportement vous êtes en train d'observer un athlète vous êtes en train d'observer une grand mère dans un i pad un enfant dans un cours de pièces et vous essayer de poser un diagnostic d'analysé son comportement pour pouvoir donner des consignes ou choisir de nouveaux exercices adaptés une planification d'entraînement de nouveaux ebit est aménagé le

milieu pour faciliter un apprentissage et la répétition voilà mais au départ vous allez analyser le comportement et vous allez essayer de faire un diagnostic tiens ça de personnel avait facilité la elle a des difficultés là qui a le problème se situe à tel endroit ou à tel endroit et en fonction de ça vous allez essayer d'adapter votre autre intervention donc ça commence par une analyse ça commence par un diagnostic ce qu'il appelle un diagnostic donc là vous avez une piste avec une illustration pour un problème qui est quand même assez particulier qui n'est pas donnée par retrouver dans la vie de tous les jours ni même en sport mais certains éléments vous allez retrouver d'accord donc là il s'agit d'essayer de faire de la classification mais ça fait une décomposition et d'analyses explication alors en anglais c'est essayer de trouver des sous bilité seul ce qu'ils dans la tâche d'ensemble qui s'appelle le joule ici se loge alors comment on peut faire ça et bien on peut faire ça en essayant de faire un tableau avec différentes entrées et c'est ce que des collègues et moi même on a essayé de faire donc on peut se dire tiens l'outil que je peux l'utiliser c'est faire un tableau avec différentes entrées donc vous avez le jonglage c'est le problème général et ensuite vous allez essayer d'identifier de créer des catégories et de voir quelles catégories ici choisir le jonglage alors pour le jonglage on a identifié on a plusieurs entrées donc on a des entrées sur la verticale et on a des entrées sur l'horizon d'un corps allongé des questions sur ce qu'il sait quoi ce sont des sous habilité c'est un des compositions vous êtes décomposer un gros morceau en petits morceaux ça c'est un exemple de démarche d'analyse donc le gros morceau c'est le jonglage j'ai vu trois balles deux bras dix doigts la visio des mouvements rapides une cohérence d'ensemble une coordination d'ensemble un patron de coordination très compliqué posture vision main gauche main droite inspiration oeil maintenant essayer de décomposer parce que c'est difficile de comprendre quelque chose qu'on a pas décomposé donc on essaie de se décomposer et ça peut peut-être être utile pour poser un diagnostic et analyser un comportement alors les entrées verticale vous avez une première entrée qui est alors je vais traduire de l'anglais tout et diapos sont en anglais mais moi je traduis dans la traduction en français la première grande catégorie ici c'est la forme globale la forme globale l'at-elle le terme chrono en poids et en anglais c'est une globale atteint n'est pas terminé ça vient d'eux patron le traduirait par pat roy en français par forme structure donc c'est la structure globale donc les 3 c3 colonne 1-2-3 concerne la structure globale on y reviendra à côté de la structure globale on a un deuxième deuxièmement une deuxième grande catégorie qui est la précision local local au curci au curry si ça veut dire précision alors en comprend deux côtés la forme la structure l'organisation collective globale du jonglage de l'autre la précision locale tout de suite on peut voir que cette précision locale elle est décomposée en deux catégories une catégorie qui s'appelle catching qui veut dire attrapé attraper la balle et deux catégories qui veut dire tossing si vous préférez ça veut dire en une première flooring qui veut dire lancé d'accord donc la précision locales ici concerne attraper les bars et lancer les balles avec précision donc on a une catégorie structure globale et une catégorie précision des lancers les attraper on va revenir petit à petit dans ses différentes je fais une présentation générale d'abord à l'horizontale on a identifié deux grands sous ensembles donc les habiletés cognitives dont elie cyr à la verticale en vertical les habiletés cognitives je vais vous les jeux vous définir de quoi il s'agit et en dessous les habiletés sensorimotrice les habiletés censure une motrice ici alors les habiletés cognitives de quoi il s'agit quand on parle d'habiletés cognitives ou de processus cognitifs ou d'activités cognitives de quoi on parle eh bien on parle d'activités qui se passe dans le domaine du raisonnement je vais essayer d'être informel et puis après je vais être un peu plus spécifique le domaine du raisonnement le domaine de la pensée où on essaie de comprendre les choses on essaie d'anticiper on essaie de planifier et en manipule comme ça des concepts des mots des outils des images mentales pour essayer de raisonner de pensée de résoudre des problèmes ça c'est ce qu'on appelle les activités cognitives pour être un tout petit peu plus précis quand on parle d'activité cognitive on part d'activité cognitifs et référence à la connaissance et aussi à la pensée est en fait référence en fait aux activités mentales donc des activités mentales qui manipulent des symboles qui

manipulent des symboles par exemple des mots ou par exemple les images qui dès qu'ils représentent des schémas qui représentent des objets de la vie réelle ou fictive d'ailleurs mais bon pour notre ère donc c'est l'activité cognitive c'est la manipulation par des activités mentales de symbole par exemple le mot table est un symbole qui va représenter la table et si je fais une phrase avec le mot table mon ordinateur est posé sur la table eh bien j'ai utilisé des symboles pour représenter parler d'eux une réalité qui efface en France et quand je réfléchis pour faire cette phrase au sens presque inconsciente comme presque automatique eh bien j'ai manipulé des symboles pour que ma phrase satisfasse la grande guerre sujet verbe complément donc ça ce sont les activités cognitives et il y a des activités cognitives quand on fait du jonglage donc ça c'est la barre l'entrée la première entrée horizontale la deuxième entrée horizontale c'est il s'agit d'habiter censure du motrices alors là les habite et s'en sort in trees son valet distinguer les habitacle audi team puisqu'ici on va dire qu'il ne s'agit pas de symboles sont pas des activités mentales où on manipule des symboles les avis les habiletés dans sur une autre et ça ce sont des mouvement exécution de mouvements des déplacements de parties du corps peut-être les yeux ça peut être la tête ça peut être là le corps entier ça peut être leur les avant-bras les bras les mains les doigts les pieds les jambes quand donc ce sont des mouvements alors maintenant on va voir on va découper ces différents éléments est ce que par rapport à ça vous avez quelques questions des gens pas de question ok donc j'avance dans la catégorie structure globale dans la catégorie structure globale il ya une grande catégorie qui s'occupe du timing de la séquence temporelle du mouvement d'une main quand qu'est ce que ça veut dire ça veut dire que je vais gérer de façon très serrée le timing des mouvements d'une main une main elle attrape une balle à l'extérieur et à la lance à l'intérieur or dans ce type de jonglage qu'on étudie et cette séquence attrapé lancé attrapé lancé attrapé lancé est une séquence avec une très forte qui doit être exécutée avec une très forte pression temporelle donc ce précis ce timing doit être très précis on dit donc ici en français on dirait le timing de la boucle des boucles des mouvements des bails loops ça veut dire boucle c'est le cycle des mouvements des mains ça c'est la première colonne tout ce qui concerne la deuxième colonne concerne la coordination entre les mains donc les demain les balles et le reste du corps donc coordinating hand ball bah dis donc ça c'est la coordination et demain les bas le corps est la troisième catégorie identifiée il s'agit du contrôle de l'équilibré ce qui est écrit ici est un peu plus sophistiquée minimiser réduire les déplacements du centre de gravité je vais résumer c'est en résumé sa part gestion de l'équilibre et essayer de perturber le moins possible les la posture la gestion de l'équilibré donc ça c'est dans la structure globale le timing des mouvements d'une main lancé attrapé l'ancien trappe et la coordination même balle et la gestion de l'équipe dans la catégorie gestion de la précision locale on a vu qu'on avait un problème à gérer été attrapés et un problème à gérer qui était lancée il ya quelque chose quelqu'un qui lui dit quelqu'un qui me dit que le cm2 sur la plate forme c'est le contenu du serbe bah allez sur youtube j'ai mis les films sur youtube à aller voir sur youtube vous avez le sermonne le service sur youtube la deuxième question c'est quelles sont les deux premières catégories de la forme globale [Musique] et bien c'est les séquences ce que chacun doit exécuter ça c'est la première catégorie dans le tableau en anglais ses timings de ram loops en France et la gestion temporelle du cycle des mains et le cycle demain ses attrapés lancé attrapé lancer très rapidement donc ça c'est la première catégorie est la deuxième catégorie c coordonner les mains entre elles gauche droite gauche droite coordonner les mains et les bails et coordonner les mains de mes balles et le reste du corps ça ce sont les deux premières catégories donc première catégorie le timing de chaque main individuellement deuxième catégorie coordination entre les demain avec les balles donc avec la vision et avec le corps 3e catégorie équilibre alors au niveau des au niveau des habiletés cognitives on a ici décomposée en trois éléments l'organisation perceptive je vais je vais changer un petit peu l'introduction l'organisation procédurale et je vais les finir et les stratégies de correction alors en anglais percepteur organization organisation perceptive procedurals qui je vais simplifiée en disant qu'on va parler d'eux séquence des procédures je vais vous expliquer de quoi il

s'agit et la troisième catégorie à l'anglais *copping* *stooges* on peut le traduire par stratégie de correction stratégie de correction des erreurs qu'est ce que ça veut dire ça veut dire la première catégorie organisation perceptive c'est que il va falloir quand on apprend et on veut imiter par exemple première fois qu'on démarre le jonglage on va limiter soit un film qui a sur internet soit un copain qui essaient de jongler et on va il va falloir qu'on arrive à concevoir un petit peu la séquence des différents événements qu'est-ce qu'on va percevoir qu'est ce qu'on va voir on va voir les mains on va voir les balles mais dans quel ordre comment ça se passe ah oui d'abord j'attrape ensuite je lance mais à quel endroit j'attrape et à quel endroit je lance ma tu vas attraper à l'extérieur et qui va lancer au milieu d'accord mais dans quelle direction je vais lancer bâti va lancer pour que ça aille vers l'autre main donc tu vas lancé plus tôt vers leur opulence avec la main gauche tu va lancer vers la main droite tu lances avec la main gauche tu lances perd la main dans la main gauche donc tout ça vous ne vous devez vous en construire une représentation un symbole mentale une image mentale pour arriver à le reproduire même si c'est pas forcément totalement exactement conscient donc ça c'est le regard l'organisation perceptive qu'est ce que je vais voir qu'est-ce que je dois voir il ya une forte composante spatiale ici d'accord forte composante spatiale alors ça c'est tout d'abord sur l'organisation du mouvement des mains dans la deuxième catégories dont quand on croise organisation perceptive et coordination *nimba* le corps on va avoir une implication de tous les sens tous les sens de notre de notre corps vont être impliqués on va voir les visions essentiellement et on va voir la proprioception et ses deux sens proprioception prévisions vont nous permettre de comprendre comment coordonner les mouvements des mains du corps pour faire bouger les balles comme il faut donc là aussi il va falloir qu'on comprenne cette organisation perceptive si je bouge comme ça quelle va être la conséquence si je lance comme ça alors je vais lancer trop loin trop donc il faut que je réduise l'intensité donc voir que je gère un petit peu ces problèmes de spatiaux différemment au niveau de la précision locale cette entrée cette entrée au niveau de la précision aucun pour la saisie va concerner essentiellement l'espace à quel endroit je vais attraper la balle pour le lancer là aussi à quel endroit relancer la balle quel moment et à quel endroit dans le site je dois lancer la balle et dans quelle direction donc il ya alors peut-être que j'avais des composés ça en fait un oui j'avais zoomer on sait mieux si je peux jouer un jeu peut zoomer sur les lieux les diapos jeu suivante coupe et c'est centre en anglais si je regarde le chat coupe et ses senteurs fraîches les centres centre dépression en français traduire si vous voulez gestion de l'équilibre tout simplement un puits simplement gestion de l'équipe donc là je l'avais en plus grand sur le diable ou suivante et je me rappelais pas donc à cognitives skins percepteur l'organisation ça c'est ce dont j'ai parlé qu'est-ce que je dois regarder qu'est ce que je vais je vais extraire comme information ni vos propres le certifie quelle va être la séquence des actions que je vais réaliser à quel moment je vais lancer à quel moment je vais te rappeler attraper c'est cette organisation-là la coordination c'est les différents sens au milieu là et puis qu'est ce que j'avais d'autres à au niveau local puisque je parlais de percepteur organisation donc d'âge aux apps jeu je vais sur une troisième diapos je disais organisation perceptive au niveau 4 chine c'est un quel endroit c'est quel endroit je doit attraper la balle et au niveau lancé *tossing* anglais *frau lyng* si vous préférez c'est à quel endroit je dois lancer avec quelle direction puisque c'est un angle de lancer alors je reviens un petit peu en arrière qu'est-ce qu'on a encore qu'est-ce qu'on a encore comme activité cognitive ici eh bien on a les habiletés ici qui concerne la procédure j'ai dit que j'allais j'allais expliqué un petit peu une pile j'ai réglé les problèmes spatiaux qui sont essentiellement visuel et proprioceptif et maintenant je m'occupe des procédures qu'est ce que ça veut dire les procédures ça veut dire les étapes essentielles les étapes la procédure ce sont les états je fais ça puis ça puis ça puis sa puissance voyez donc les procédures c'est par exemple quand vous ouvrez un meuble ikea vous avez la notice avec les procédures pour monter le meuble les instructions les consignes pour monter les meubles bien c'est pareil dans les activités cognitives comme ont commencé à jongler vous regardez quelqu'un vous êtes en train de vous dire là il

commence par quoi puis fait quoi dans quel ordre il fait tout ça alors ça va pas fort ça va prendre deux heures c'est pas la peine d'écrire un roman ne réfléchit pas pendant deux heures mais on doit faire attention aux différentes étapes et essayer de comprendre quelles sont les différentes étapes sans construire une représentation mentale sans construire une image même temps éventuellement il ya une fois qu'on a ça on peut commencer à jouer alors on peut commencer à essaie de jongler sans avoir complété absolument cette étape là mais on va se tromper ou millions le dire mais après je fais quoi mais c'est pas grave on fait pas réservé on a commencé à observer on a commencé à comprendre la procédure on se la représenter mentalement on essaie de le faire on rate on ramasse des balles on réessaiera oui j'avais pas bien compris j'avais loupé cette étape sealine soldats ouvrent et observe le modèle et on réessaie où on fait des allers retours entre des tentatives d'actions et l'observation on n'est pas obligé d'avoir tous bien compris dans les procédures avant de commencer à faire des première tentative d'exécution et ça c'est vrai quel que soit le problème d'apprentissage vous avez des gamins ils vont essayer de comprendre tout avant de faire la première tentative vous avez des gamins qu'on prenne un peu ils regardent le modèle il imite un peu ils écoutent les consignes puis se jette à l'eau ils ont que la moitié la procédure mais il essaie quand même et ce à l'heure c'est ça leur sert pour avoir quelque chose de concret à l'esprit d'accord et puis après il sera arrête les grès observent ils réfléchissent il complète la procédure et puis ils ont l'habileté dans leur ensemble dans son ensemble à l'esprit et ensuite ils vont essayer de l'exécuter de mieux en mieux d'accord ça c'est important les activités cognitives par exemple les procédures vous n'êtes pas obligé d'avoir fini l'étape activités cognitives avant de vous lancer dans l'apprentissage et les tentatives d'exécution motrices proprement dite du mouvement n'est pas oublié de faire d'abord le cognitif d'avoir tout précisément à l'esprit de façon claire exacte pour commencer à faire des tentatives vous pouvez commencer avec un début de procédure un peu approximatif tenter d'exécuter revenir sur la représentation du mouvement et de la séquence les la changer la modifier la préciser la corriger parce que c'est très bien de confronter sa procédure mental avec la réalité et de faire des allers retours entre les deux ça permet de détailler sa procédure et de se rendre compte de ce qui va pas dans le schéma mental que vous aviez de la procédure d'accord donc ici la procédure c'est ça concerne la coordination globale et ça concerne les différentes étapes je fais ça puisse appuie ses appuis ça puisse d'accord oui on va arrêter un petit peu avant on va arrêter dans deux minutes alors toujours dans ce dans cette structure globale et dans les activités cognitives il ya une catégorie la dernière ligne ici qui est alors en anglais coping strategy ce qui veut dire les stratégies de correction des erreurs comment je fais quand je fais tel qu'il d'erreurs et qu'elle comment je fais quand je fais tel autre type d'erreur alors ça aussi ça se construit par observation et ça se construit par essai erreur et dans cette catégorie là on va mettre tous tout ce à quoi je pense qu'ils me permet de lister le petit peu d'erreurs que je peux faire et le type de correction que je peut adopter face à ces erreurs si elle arrive ça c'est une catégorie qui est intéressant quelle que soit l'heure c'est vrai pour le jonglage mais s'il catégorie générale de la même manière organisation perceptive est une catégorie gira les procédures les représentations des procédures structure des procédures et une catégorie les stratégies de correction des erreurs est aussi une catégorie générale que vous pouvez réutiliser pour analyser d'autres comportements c'est ça qui est important à retenir d'accord donc ici ces stratégies de correction et bien par exemple on peut on peut dans le jonglage se dire que quand on fait un mauvais lancer c'est la catégorie maintenant verticale à l'intersection entre les deux on voit qu'il ya une seule une seule case qui a rempli c'est l'interception entre copines strategy et régulation du déséquilibre la dernière catégorie 6 mais dieu si open space bound sont ces contrôles de l'équilibre et bien à l'insertion l'intersection des deux on a ri corinne fau francs pour fausses qu'est ce que ça veut dire récupérer compenser des mauvais lancer mais en même temps maintenir une structure d'équilibre correct stable qui permet de continuer l'action de jonglage alors je vais le refaire c kopitz stratégie correction des erreurs elles vous disent quand vous les apprenez volet construit construisent et elles vont à voir quel contenu est

bien une série de comment faire quand on fait des erreurs d'accord il par exemple comment je fais pour compenser les mauvais lancer de lancer trop dense et robin est lancée trouvait à droite trop vers la gauche trouvait à l'avant trop vers l'avenir comment je fais pour compenser ça je m'éloigne je me rapproche je me déplace mais en même temps comment faire pour ne pas trop perturber mon équilibre de manière à ce que je puisse continuer à jongler donc voilà on se livre tient à force de jongler et d'observer de réfléchir ah oui si je lance comme ça il faut que je bouge mon bras il faut pas trop que je bouge mon buste si je bouge trop avec le bus et que je me déplace trop vers l'avant ce sont les deux trois lancers qui suit qui suivent qui vont être perturbés par contre par ce type de correction il faut que j'évite ce type de correction faut déjà d'aucune autre voyez c'est ce type de problème comme enjeu résoudre des problèmes causés par mes erreurs mes propres erreurs bien sûr et les problèmes que j'habite pas résoudre et je loupe la balle et je rate c'est normal ok alors je reviens je m'arrête là dessus en et on continuera la prochaine fois sion détaillé ce tableau l'idée c'est la suivante à travers un exemple sur le jonglage on identifie des catégories qui nous permettent de décomposer une habileté un comportement ces catégories ici elles ont été appliquées pour essayer d'analyser le jour plage mais l'intérêt nous le jonglage en soit c'est pas trop notre problème notre intérêt ensuite celle extrapolé de généraliser et d'avoir des catégories coût pourra réutiliser pour essayer d'analyser le comportement de l'homme de l'autre et dont des consignes et aider l'intervention donc ici qu'est ce qu'on a vu en vertical structure globale structure précision locale en horizontal habiletés cognitives on a comme c'est par sa et habiter en sur les motrices pour le moment les a pas vus et à l'intérieur de ça on a différentes intersections entre organisations perceptive procédure séquence des actions stratégie de corrections et les mouvements des mains individuel la coordination collective et l'équilibre voilà donc vous pouvez extraire ici différentes catégories que vous pouvez plus tard réutiliser ou pendant mon stage ou pendant votre job et dans mon futur métier réutiliser un certain nombre de ces catégories d'hommes d'autres applications dans d'autres analyses pour d'autres types de mouvements d'autres types d'habileté donc on reviendra là dessus je continuerai avec cette décomposition d'une jambe la prochaine fois je vous souhaite une bonne journée au revoir merci