

Guide d'étude GLO-4001/GLO-7021 Examen FINAL, Automne 2019

Voici une liste non-exhaustive des habiletés et connaissances pour l'examen de mi-session, donnée à titre indicatif seulement. La très forte majorité des questions aura trait à la deuxième moitié du cours. Les éléments ~~barrés~~ ne seront donc pas directement évalués.

Rappelez-vous que vous avez droit à une deuxième feuille de notes, crayon mine de plomb, pour cet examen final.

L'instructeur ne serait se tenir responsable d'omission de cette liste. Sur ce, bonne étude

Concepts généraux

- Connaître théorème de Thalès
- ~~Maîtriser le théorème de l'angle inscrit et de l'angle au centre. En particulier, savoir calculer rayon et position du cercle de la contrainte à partir des points de repères et des angles alpha~~
- Comment passer d'un système de coordonnées cartésien \leftrightarrow polaire
- Savoir faire les opérations de base avec les matrices et vecteurs
- Être capable de manipuler les fonctions trigonométriques et travailler avec les triangles
- Savoir approximer les fonctions trigonométriques sin et cos
- Connaître le concept du problème mal posé, et pouvoir en les identifier ou donner des exemples
- Pouvoir dériver des polynômes (exposants positifs et négatifs) et la règle du produit pour les dérivations de fonction : $(f \cdot g)' = f' \cdot g + f \cdot g'$.
- Difficulté du problème de *data association*

Capteurs

- Connaître des différentes technologies de capteurs, leurs limitations et leurs applications
- Comprendre la différence entre les capteurs proprioceptifs et extéroceptifs, et pouvoir classer des capteurs dans ces catégories
- Problématique des biais pour certains capteurs inertiels : dérive linéaire (angle) et quadratique lors de la navigation à l'aveugle
- Être capable de faire des problèmes de linéarisation
- Connaître la différence entre une fonction bijective et non-bijective.
- Comprendre la notion de sensibilité pour un capteur
- Pouvoir propager des erreurs avec bruit distributions normales pour des fonctions non-linéaires : il s'agit simplement de linéariser le problème

Capteurs visuels et coordonnées homogènes

Pas de questions avancées sur les capteurs visuels, ni sur les coordonnées homogènes. Il faut quand même comprendre le principe des points de repères visuels, puisqu'ils peuvent être utilisé dans un algorithme SLAM.

Probabilité

- Être suffisamment familier avec les probabilités (distributions normales, écart-types, variances, indépendance, variable corrélé/non-corrélé, somme de variables aléatoires)

- Appliquer le théorème de Bayes
- Comprendre la notion de prior $p(x)$
- Comprendre la fonction de vraisemblance (measurement likelihood) $p(z|x)$, et pouvoir en créer une suivant une description en mot d'un système
- Linéarisation multivariable
- Mettre à jour des distributions discrètes (exactement) ou continue (tracé à main levée) suite à des mesures
- Produit de gaussienne = gaussienne

Locomotion

- ~~Pouvoir travailler avec n'importe quelle configuration de robots à roues, et calculer les vitesses linéaires de chaque roue, vitesse angulaire ω du robot, et position du centre instantané de rotation ICC~~
- Équation de propagation pour un véhicule commandé en vitesse linéaire et angulaire.
- Équation d'intégration d'ordre zéro
- Se rappeler que la position d'un gyroscope n'influence pas le taux de rotation mesuré (son orientation peut influencer si l'axe de sensibilité n'est plus dans la même orientation que la rotation mesurée).

----- Deuxième partie du cours -----

Fusion de capteurs et filtrage Bayésien

- Comprendre le concept général de fusion de capteur et de moyenne pondérée
- Être capable de combiner deux mesures/évidences, sachant leur variance, via le poids optimal w
- Pas besoin de savoir la preuve du filtrage Bayésien par cœur : mais connaître les approximations/indépendances utilisées pour simplifier les calculs.
- Notion d'état complet/propriété de Markov
- Absence de solution analytique pour le calcul de certaines équations de Bayes.
- Connaître les différentes manières de représenter des distributions : discrètes, continues unimodales, continues multimodales.
- Comprendre le modèle probabiliste des déplacements.

Filtre de Kalman

- Comprendre le rôle de chacune des équations du filtre de Kalman et de Kalman Étendu. Vous n'avez pas besoin de les apprendre par cœur : je vais vous les donner à l'examen.
- Savoir trouver les entrées des matrices nécessaires pour un système de Kalman ou Kalman Étendu. En particulier, être capable de calculer les matrices jacobiniennes d'un système.
- Pourvoir exécuter sur papier des itérations complètes des filtres Kalman et Kalman Étendu.
- Comprendre le comportement du filtre selon les différents paramètres, comme l'initialisation de la matrice P, les valeurs de bruits de capteurs ou de déplacement utilisés, etc.
- Connaître les raisons d'application des filtres Kalman non-parfumés UKF, comment la transformation non-parfumée fonctionne, le nombre de sigma points nécessaires et ses forces par rapport à Kalman Étendu.
- Savoir quand on peut utiliser un filtre Kalman, Kalman Étendu ou non-parfumé, et quand on ne peut pas les utiliser.
- Avoir une idée du comportement à court et long terme du KF et EKF, pour des cas typiques.

- Calculer et utiliser une matrice Jacobienne pour des systèmes simplifiés.

Filtre à particule

- Être capable de concevoir et d'exécuter un filtre à particule sur papier.
- Comprendre la raison de l'appauvrissement des particules, et le rôle du ré-échantillonnage (resampling).
- Comprendre l'impact du nombre de particules C sur le pouvoir représentatif du filtre.
- Avoir une idée du comportement à court et long terme du filtre à particule, pour des cas typiques.
- Savoir quels types de problèmes sont appropriés pour les filtres à particules.
- Comprendre pourquoi un capteur trop précis peut être problématique pour un FP, et quelles solutions peuvent résoudre ce problème.
- Problématique du fléau de la dimensionnalité, et sa solution (Rao-Blackwellisation, qui consiste à mélanger PF + EKF)

Planification et Cartographie

- Types de cartes : métriques, topologiques, topométriques
- Représentation du monde par des cartes discrètes : grilles d'occupation, quadtree, signed distance function, voxel hashing
- Concept d'espace de configuration : ce qu'il représente, trajectoires semi-libre vs. libre, connecté vs. non-connecté, comment le tracer, comment le discrétiser (graphe des visibilitées, graphe des visibilitées réduites, somme de Minkowski, décomposition cellulaire verticale)
- Planification : champs de potentiels, front d'onde, RRT. Méthode probabiliste vs. déterministe. algorithme complet ou non.
- Algorithme ICP et ses limitations
- Être capable d'exécuter l'algorithme de la grille d'occupation avec Sonar, quand le modèle du capteur vous est fourni.

SLAM

- Deux catégories de problème de SLAM : filtrage vs. lissage.
- Taxonomie
- Détection de fermeture de boucle, solution par mots visuels (BoW)
- Comprendre le comportement du EKF-SLAM selon divers scénarios, dont :
 - augmentation de la matrice d'état X et de covariance P pour inclure la carte m
 - acquisition de nouveaux repères
 - navigation aveugle entre les points de repères
 - comportement général du filtre
 - effet et importance des fermetures de boucles (retour vers les repères déjà visités)
 - problème d'association de données (data association) entre z_j et les repères m_i
- Filtre à particule : FastSLAM
 - Implémentation par filtre à particule naïf souffre du fléau de la dimensionnalité : Rao-Blackwellisation
 - 1 particule = carte + pose, chaque landmark est un KF indépendant.
 - Plus robuste aux mauvaises associations de données mesures-landmark
- GraphSLAM
 - comprendre quelle est cette solution
 - structure front-end/back-end

- optimisation non-linéaire du graphe
- faire des raisonnements de haut-niveau pour des problèmes de graphSLAM
- on peut en théorie retirer des loop-closures en post-processing (back-end)

Autres

- Connaître les différents problèmes de localisation (forte/faible), local/global/kidnapping, et les solutions appropriées.
- Comprendre le concept de navigation à l'aveugle.