

CALCULS PARALLÈLES ET APPLICATIONS

LA VISION PAR ORDINATEUR AU CEA LIST, QUELS CHOIX ARCHITECTURAUX ?

list

Calculs parallèles et applications | 30 septembre 2014 | Mathieu Carrier

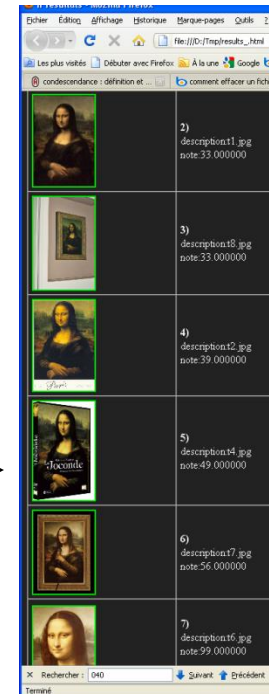
LABORATOIRE DE VISION ET INGÉNIERIE DES CONTENUS (LVIC)

• Fusion multimedia :

- extraction multimodale d'informations et recherche à travers de larges bases de données, ainsi que pour des applications mobiles
- reconnaissance d'image
- recherche rapide dans une base de données, partiellement locale pour de meilleures performances sur plateforme mobile
 - besoin d'une puissance de calcul importante

• Text mining:

- analyse sémantique de documents multilingue
 - besoin d'une puissance de calcul importante



LABORATOIRE DE VISION ET INGÉNIERIE DES CONTENUS (LVIC)

• Analyse vidéo :

- applications de vidéo-surveillance
- système d'assistance vidéo
- ordinateur embarqué en voiture ou caméra CCTV :
 - détection / mesure de position 3D / suivi multimarqueur
 - analyse d'évènements
 - partage d'informations entre caméras
- besoin d'une puissance de calcul importante



LABORATOIRE DE VISION ET INGÉNIERIE DES CONTENUS (LVIC)

PERCEPTION 3D ET MOBILITÉ

• Technologies :

- traitement d'image précis
- modélisation 3D et photogrammétrie
- localisation 3D
- calibration de capteur d'image
- fusion de capteurs

• Équipe :

- 9 chercheurs permanents
- 7 thésards et CDD

LABORATOIRE DE VISION ET INGÉNIERIE DES CONTENUS (LVIC)

PERCEPTION 3D ET MOBILITÉ

- reconstruction 3D basée vision par ordinateur pour le contrôle dimensionnel
- localisation 3D pour les applications de réalité augmentée (RA) et la géolocalisation basée image
- analyse 2D multicaméra
- reconstruction 3D
- robustesse aux mouvements rapides avec des algorithmes rapides
- distinction des mouvements de caméra et d'objet
- relocalisation pour la robustesse et l'initialisation d'applications
- fusion de capteurs pour la stabilité des applications
- besoin d'une puissance de calcul importante

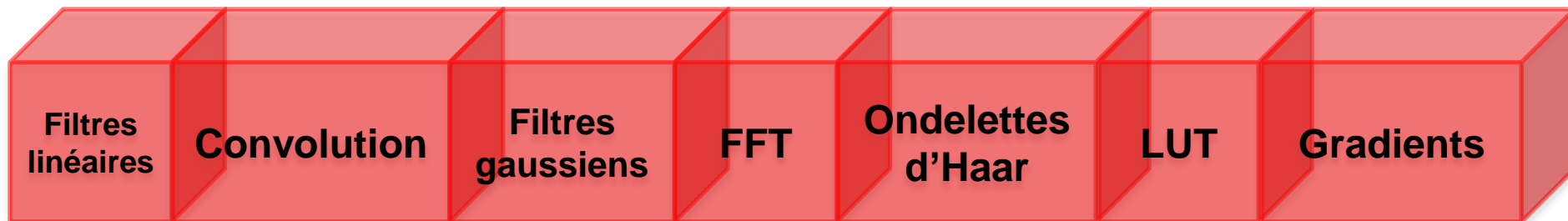
LABORATOIRE DE VISION ET INGÉNIERIE DES CONTENUS (LVIC)

PERCEPTION 3D ET MOBILITÉ

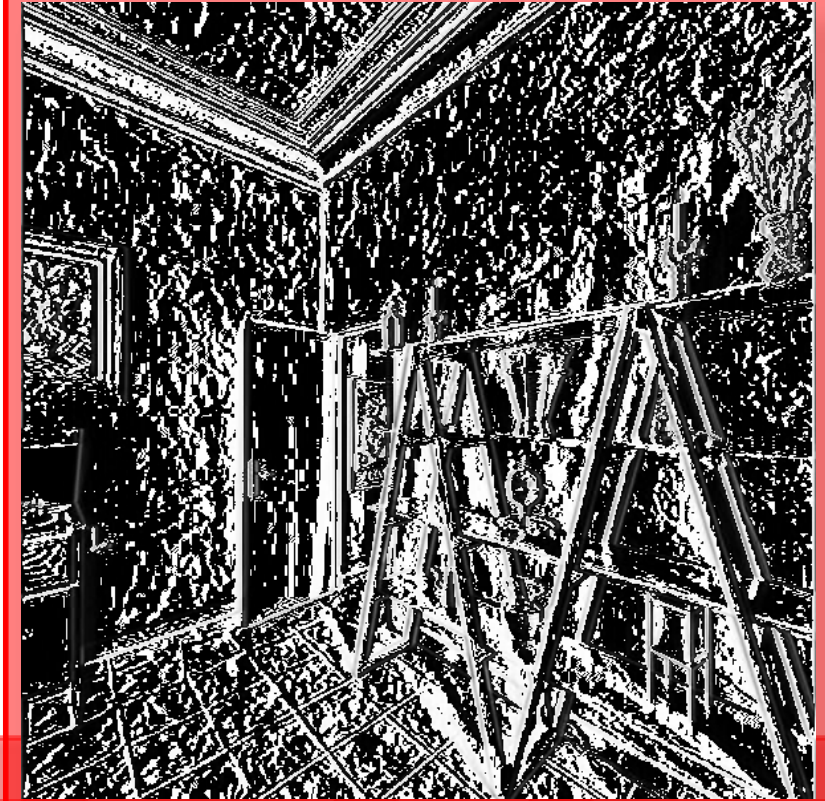
- reconstruction 3D basée vision par ordinateur pour le contrôle dimensionnel
- localisation 3D pour les applications de réalité augmentée (RA) et la géolocalisation basée image
- analyse 2D multicaméra
- reconstruction 3D
- robustesse aux mouvements rapides avec des algorithmes rapides
- distinction des mouvements de caméra et d'objet
- relocalisation pour la robustesse et l'initialisation d'applications
- fusion de capteurs pour la stabilité des applications

- besoin d'une puissance de calcul importante
- **Nous avons besoin d'algorithmes optimisés et/ou parallélisés**

APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE



APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE



Filtres
linéaires

Convolution

Filtres
gaussiens

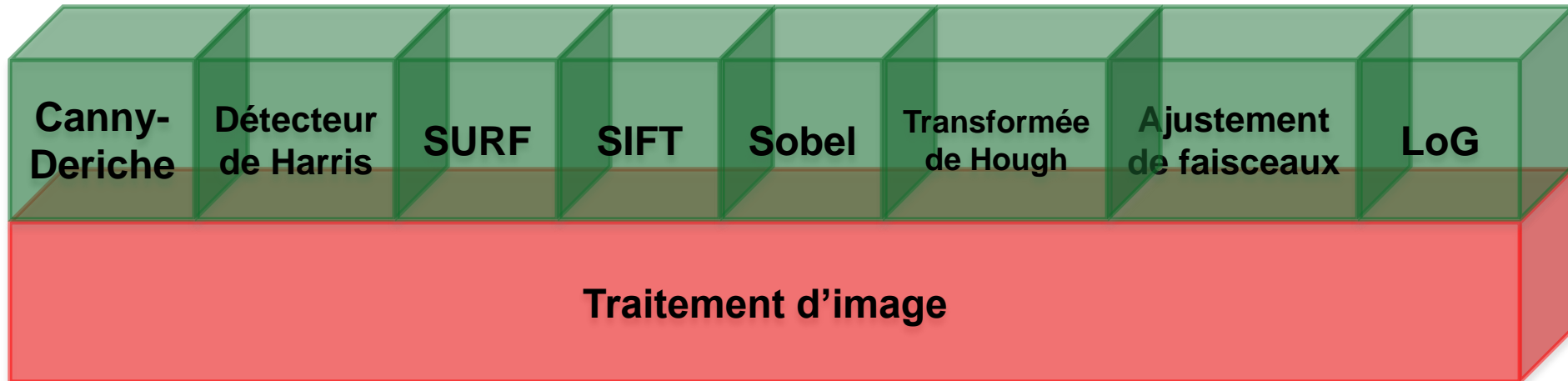
FFT

Ondelettes
d'Haar

LUT

Gradients

APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE



APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE



Canny-
Deriche

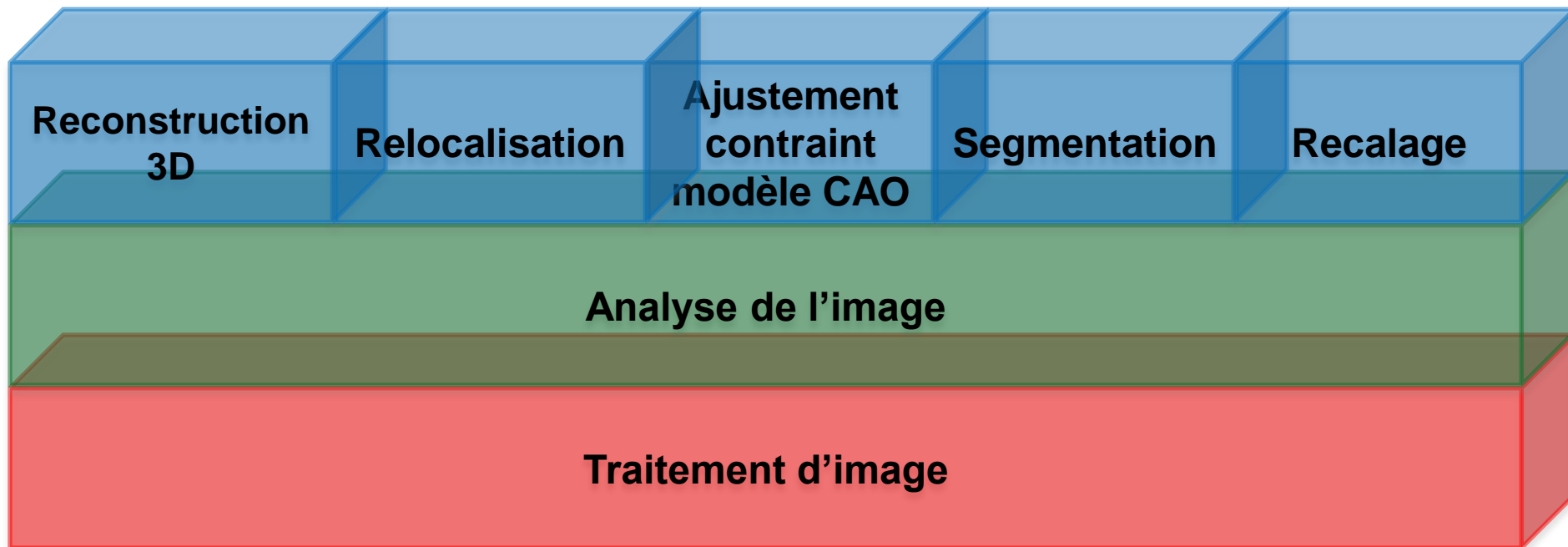
Transformée
de Hough

Ajustement
de faisceaux

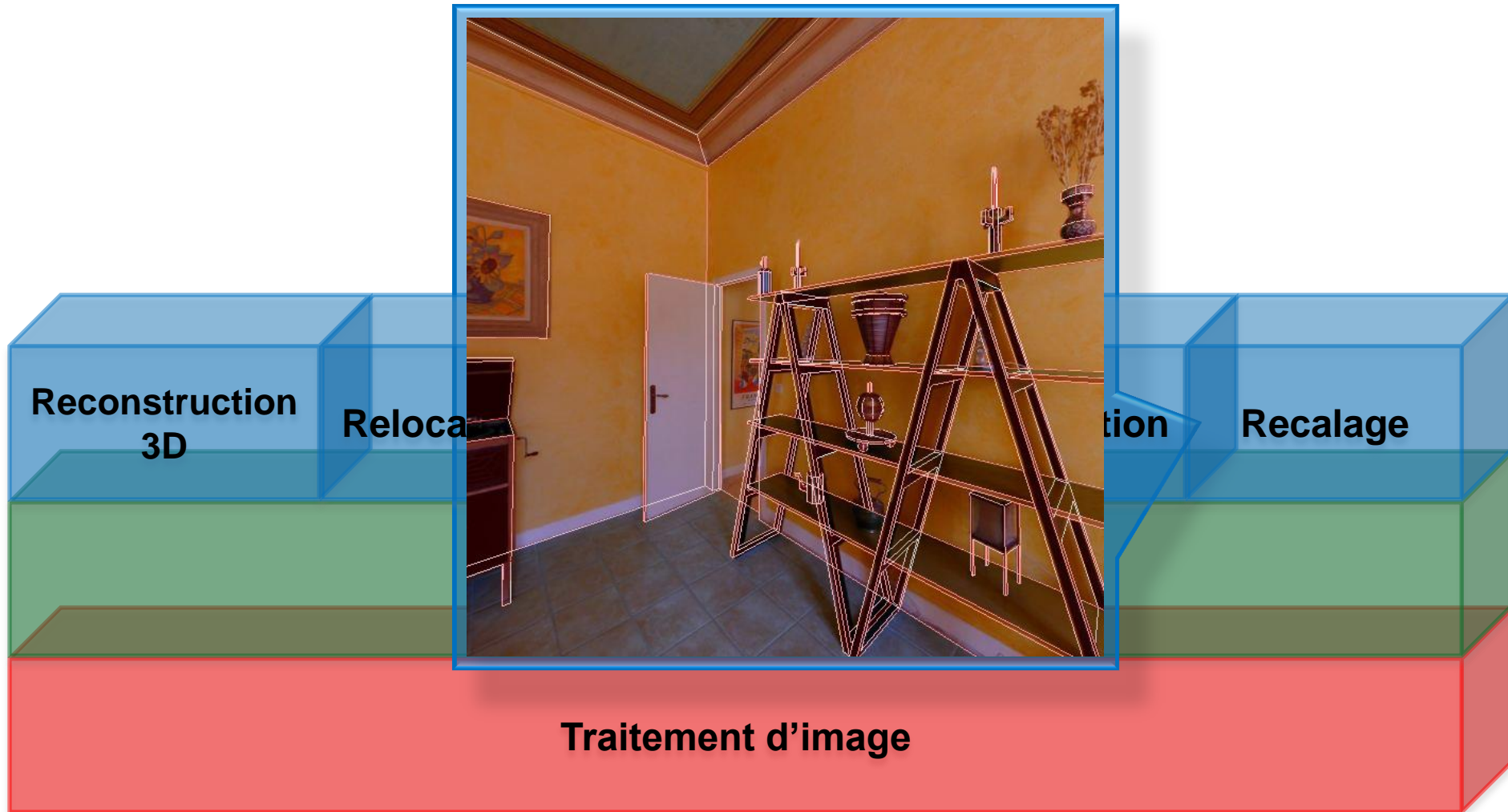
LoG

Traitement d'image

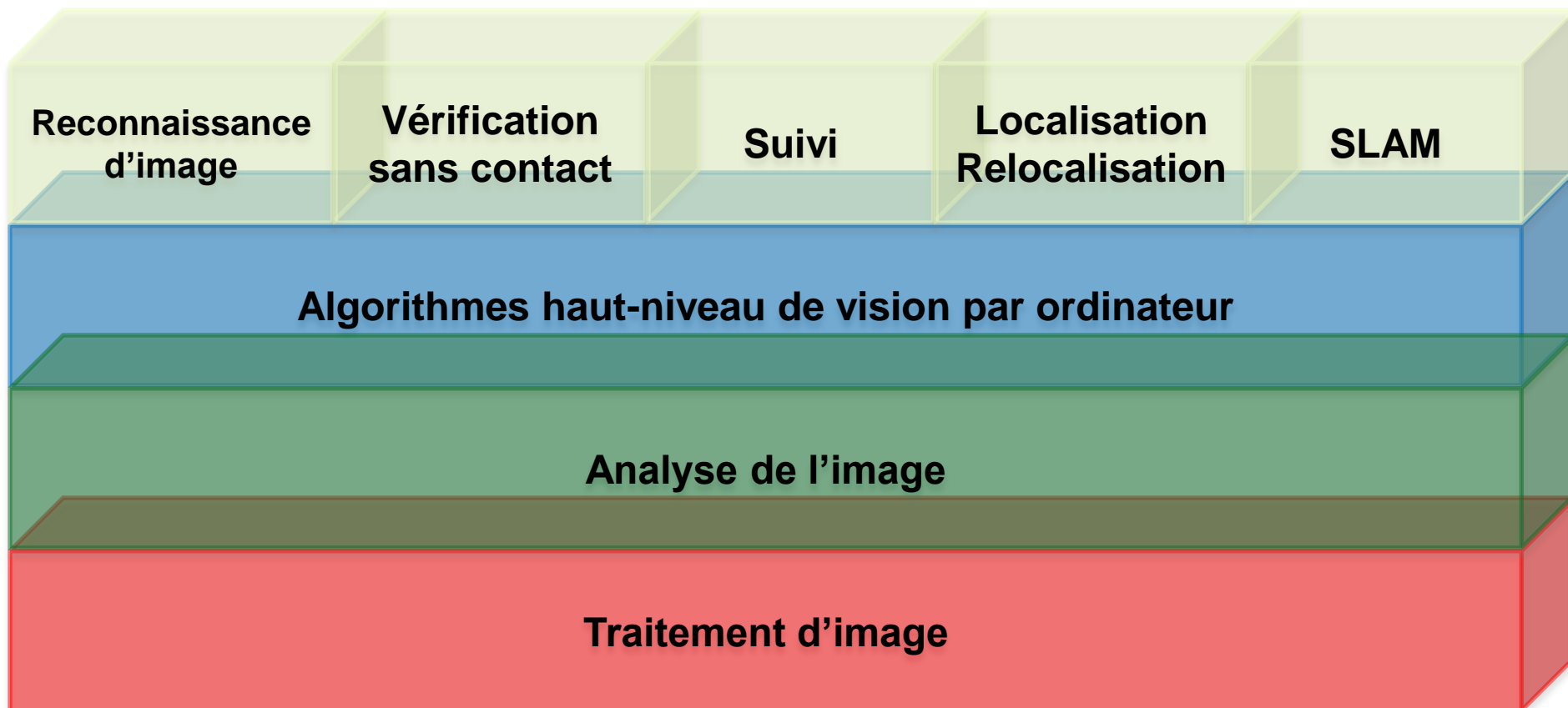
APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE



APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE



APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE



APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE

Reconnaissance
d'image



SLAM

Traitement d'image

APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE

Photogrammétrie

Réalité augmentée (navigation /
formation / maintenance)

Métrie

Traitements de vision par ordinateur

Algorithmes haut-niveau de vision par ordinateur

Analyse de l'image

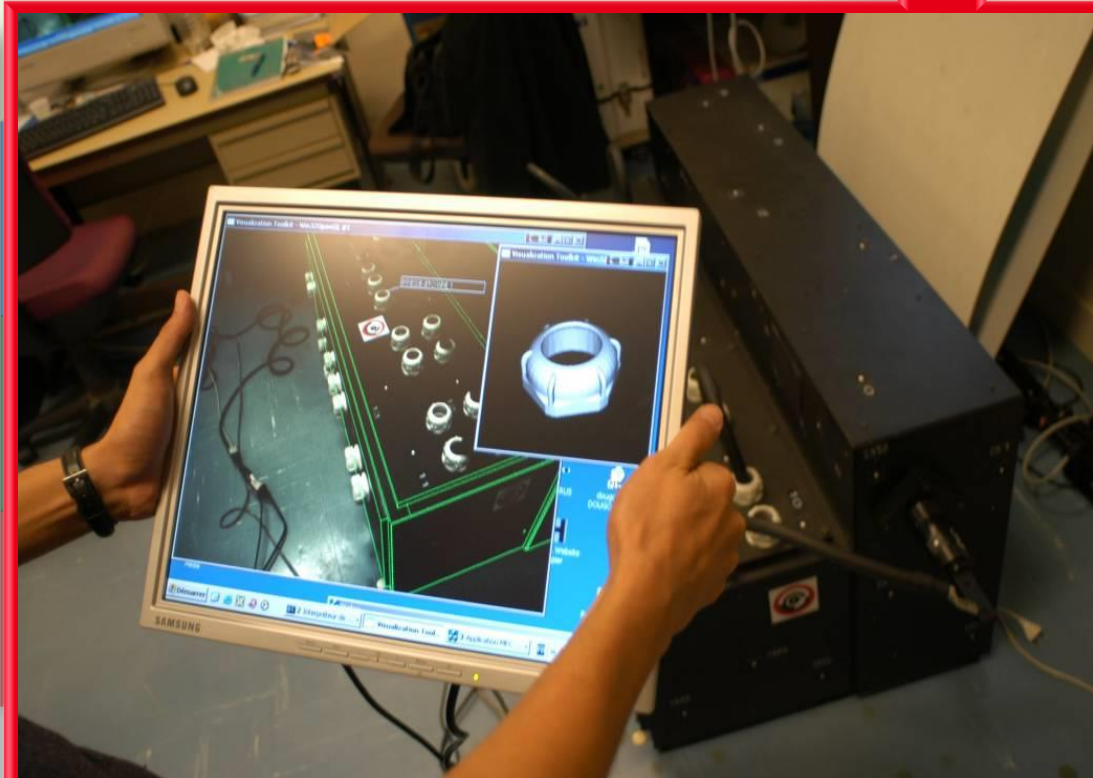
Traitement d'image

APPLICATION COMPLEXE DE VISION EMBARQUÉE

Photogrammétrie

Réalité augmentée (navigation /
formation / maintenance)

Métrie



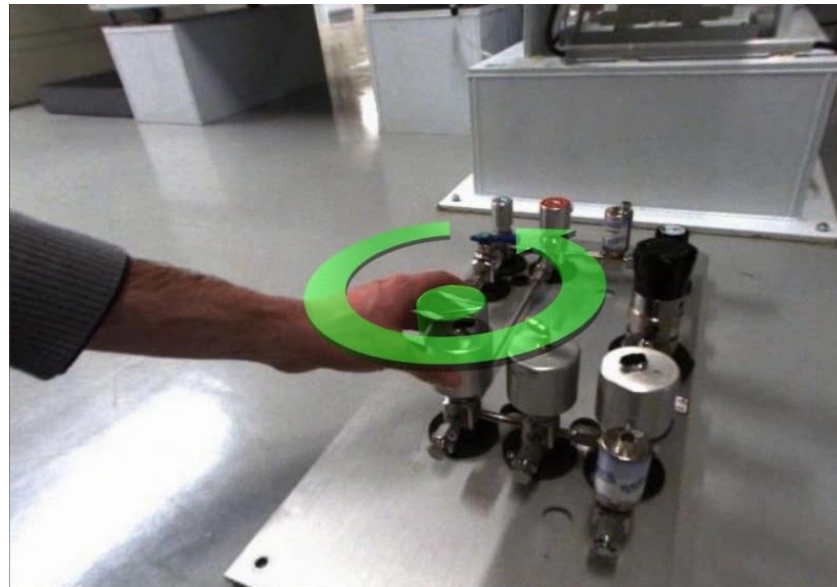
SIMULTEANEOUS LOCALIZATION AND MAPPING

- Le SLAM traite un flux vidéo et suit le mouvement de la caméra dans l'espace
- Le SLAM effectue simultanément une cartographie de l'environnement couvert par la caméra
- Incrustation dans la scène réelle d'objets 3D en réalité augmentée (RA)
- Suivi de trajectoire en temps réel (cartographie)
- Modélisation 3D



SIMULTEANEOUS LOCALIZATION AND MAPPING

- Basé caméra monoculaire
- Pas de marqueur utilisé
- Environnement inconnu
- Peut être contraint par modèle CAO 3D
- **Extraction de caractéristiques 2D**
- **Reconstruction 3D**



EXTRACTION DE CARACTÉRISTIQUES 2D

- Extraction des points d'intérêt (PIs) de Harris
 - Flou / gradients / gradients au carré
 - Cornerness (score de Harris)
 - On conserve les points avec le meilleur score
- Caractérisation des PIs par description
 - Pour identifier les PIs dans des images différentes
 - Similaire à SURF (*Speeded Up Robust Features*)
 - Invariant à l'échelle et à l'orientation
- Appariement des points de différentes images
 - Pour suivre les PIs
 - Pas compatible avec le dataflow



RECONSTRUCTION 3D

- Calcul de pose
 - pour connaître la position de la caméra dans l'espace au cours du temps
- Triangulation
 - modélisation 3D de l'environnement (reconstruction 3D)
- Ajustement de faisceaux
 - Améliore les résultats du calcul de pose et de la triangulation
 - Élimine des points incorrects



EXEMPLE D'UNE EXÉCUTION DE SLAM



CONTRAINTES D'UNE APPLICATION DE TYPE SLAM

- SLAM effectue un grand nombre de calcul impliquant une puissance de calcul importante
- SLAM requiert une quantité de mémoire non négligeable
- SLAM requiert une exécution temps réelle
- Plus de points caractéristiques implique une meilleure qualité
 - Le temps d'exécution du calcul des descripteurs dépend du nombre de PIs
 - Le temps d'exécution de la reconstruction 3D dépend du nombre de PIs
- Plus grande résolution, meilleure qualité
 - Le temps d'exécution du détecteur de Harris dépend de la résolution de l'image en entrée de l'application

CONTRAINTES D'UNE APPLICATION DE TYPE SLAM

- SLAM effectue un grand nombre de calcul impliquant une puissance de calcul importante => **SSE/NEON, assembleur, multicoeur, multiprocesseur, GPU, Intel Xeon Phi, MPPA, FPGA, ASIC, ...**

CONTRAINTES D'UNE APPLICATION DE TYPE SLAM

- SLAM effectue un grand nombre de calcul impliquant une puissance de calcul importante => **SSE/NEON, assembleur, multicoeur, multiprocesseur, GPU, Intel Xeon Phi, MPPA, FPGA, ASIC, ...**



CONTRAINTES D'UNE APPLICATION DE TYPE SLAM

- SLAM effectue un grand nombre de calcul impliquant une puissance de calcul importante => SSE/NEON, assembleur, **multicoeur**, **multiprocesseur**, GPU, Intel Xeon Phi, MPPA, FPGA, ASIC, ...

Multicoeur / multiprocesseur	Programmation +++ Portabilité +++ Performance ++	Consommation - -

CONTRAINTES D'UNE APPLICATION DE TYPE SLAM

- SLAM effectue un grand nombre de calcul impliquant une puissance de calcul importante => SSE/NEON, assembleur, multicoeur, multiprocesseur, **GPU**, Intel Xeon Phi, MPPA, FPGA, ASIC, ...

Multicoeur / multiprocesseur	Programmation +++ Portabilité +++ Performance ++	Consommation - -
GPU	Programmation + Performance +++	Portabilité - - Consommation - - -

CONTRAINTES D'UNE APPLICATION DE TYPE SLAM

- SLAM effectue un grand nombre de calcul impliquant une puissance de calcul importante => SSE/NEON, assembleur, multicoeur, multiprocesseur, GPU, **Intel Xeon Phi**, MPPA, FPGA, ASIC, ...

Multicoeur / multiprocesseur	Programmation +++ Portabilité +++ Performance ++	Consommation - -
GPU	Programmation + Performance +++	Portabilité - - Consommation - - -
Intel Xeon Phi	Programmation ++ Performance +	Consommation - -

CONTRAINTES D'UNE APPLICATION DE TYPE SLAM

- SLAM effectue un grand nombre de calcul impliquant une puissance de calcul importante => SSE/NEON, assembleur, multicoeur, multiprocesseur, GPU, Intel Xeon Phi, **MPPA**, FPGA, ASIC, ...

Multicoeur / multiprocesseur	Programmation +++ Portabilité +++ Performance ++	Consommation - -
GPU	Programmation + Performance +++	Portabilité - - Consommation - - -
Intel Xeon Phi	Programmation ++ Performance +	Consommation - -
MPPA	Performance ++ Consommation +++	Programmation - - Portabilité - -

Processeur MPPA® 256 coeurs de Kalray

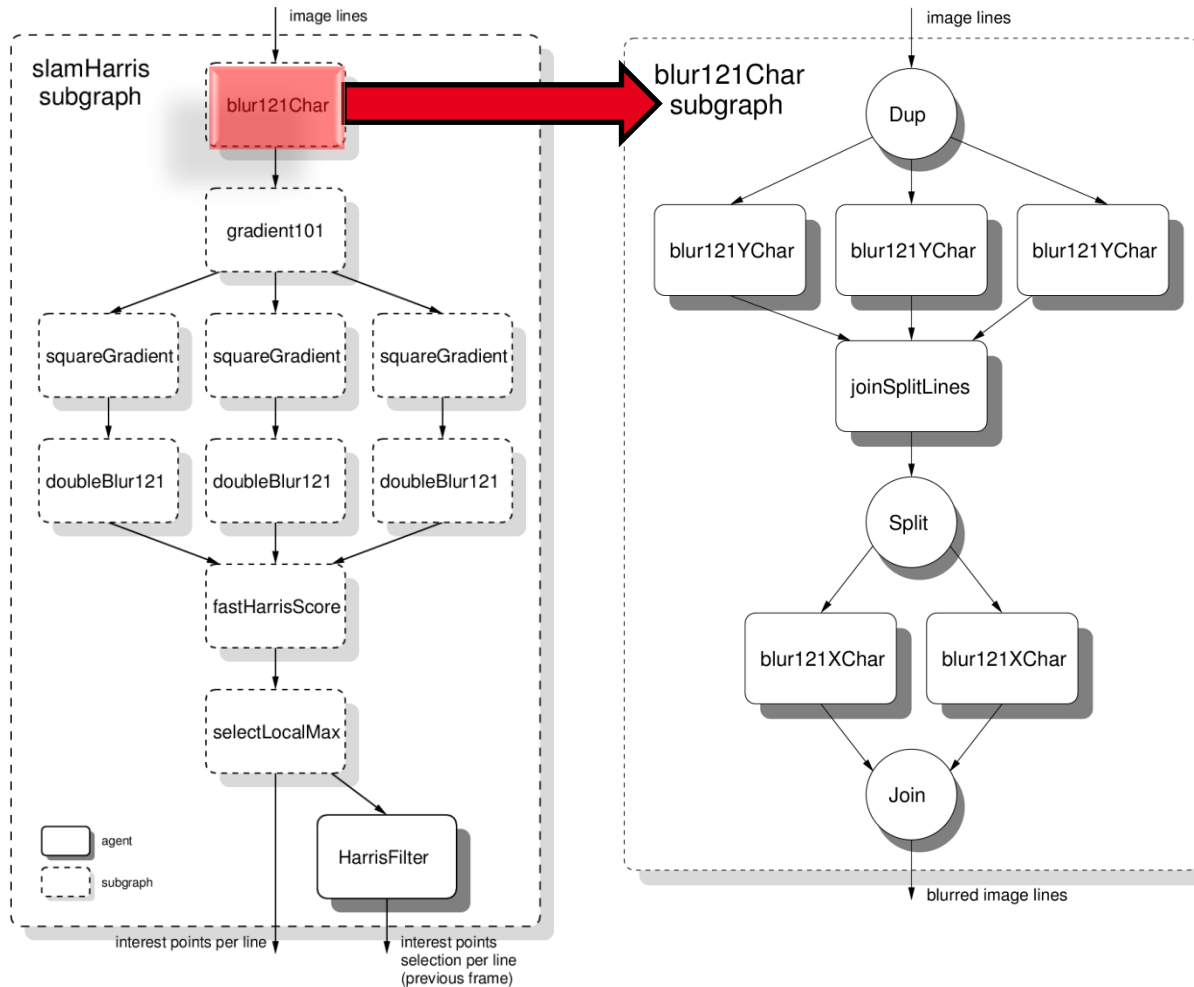
- MPPA (*Multi-Purpose Processor Array*)
- 256 VLIW coeurs, 16 clusters de 16 coeurs, interconnectés par un NoC à bande-passante élevée
- 32 Mo de mémoire *on-chip*
- Transferts en PCIe GEN3 avec l'hôte
- Programmation dataflow
- Programmation C/C++ POSIX



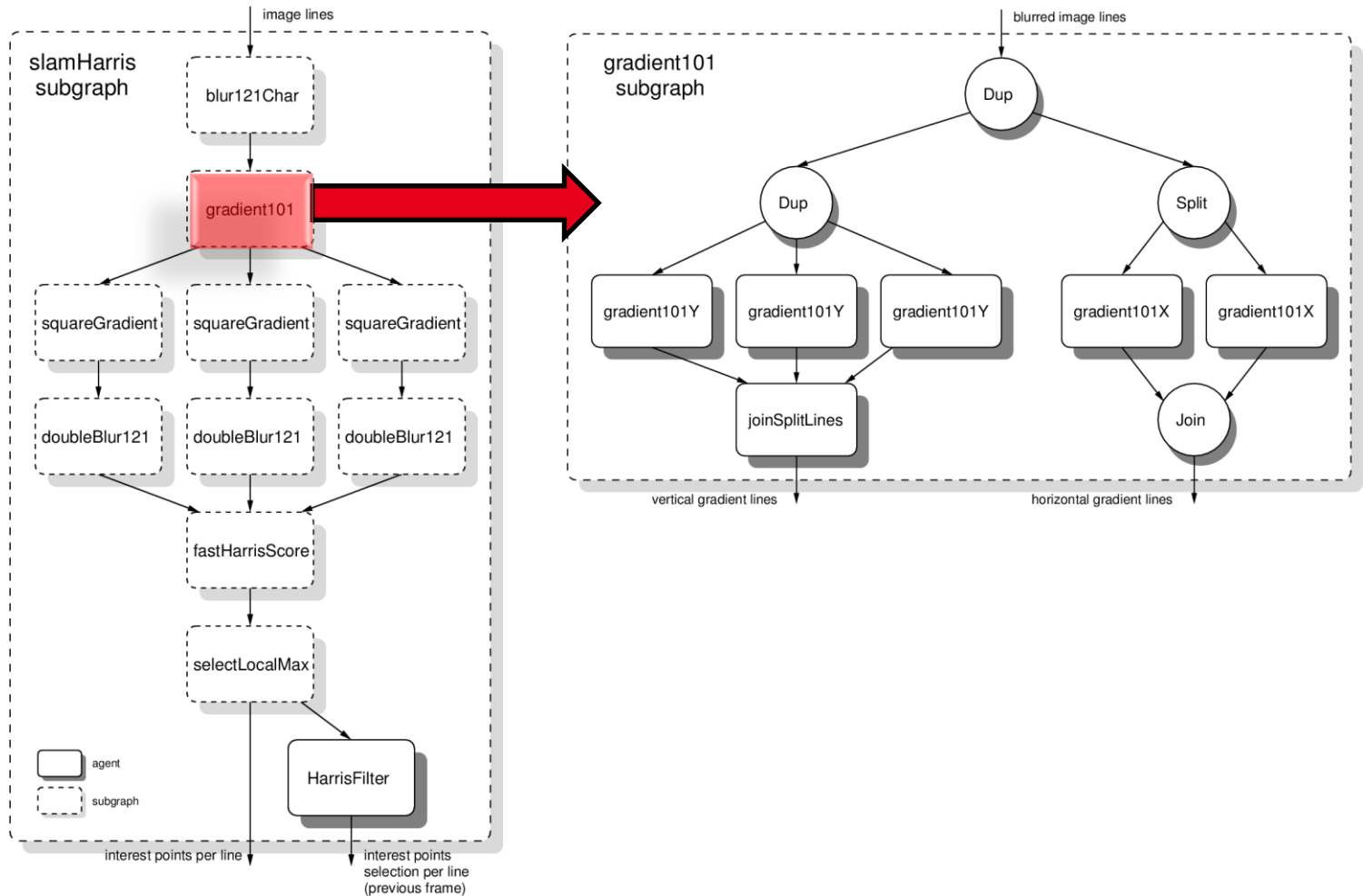
IMPLÉMENTATION DU SLAM

- Extraction des caractéristiques 2D implémentée sur le MPPA
- La reconstruction 3D est exécutée sur la station hôte
- Communication entre les 2 pour la synchronisation
- L'application est décrite sous forme de *tasks and communications graph* (TCG)
- Exécution simultanée de toutes les tâches
- Traitement ligne par ligne
 - minimise l'empreinte mémoire
 - autorise un *pipeline* logiciel
 - exploite le parallélisme de l'architecture MPPA

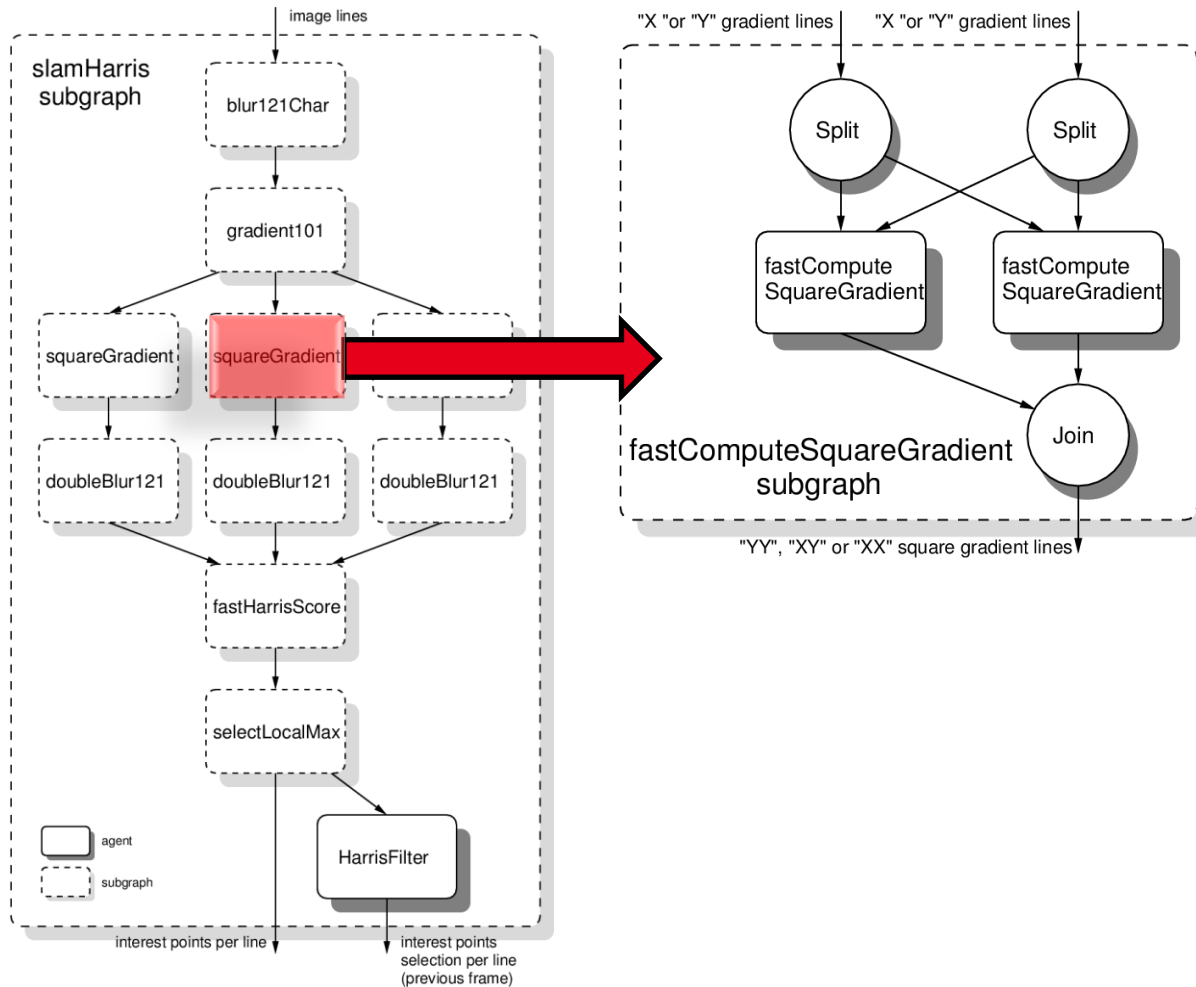
GRAPHE DE TÂCHES DU DÉTECTEUR DE HARRIS



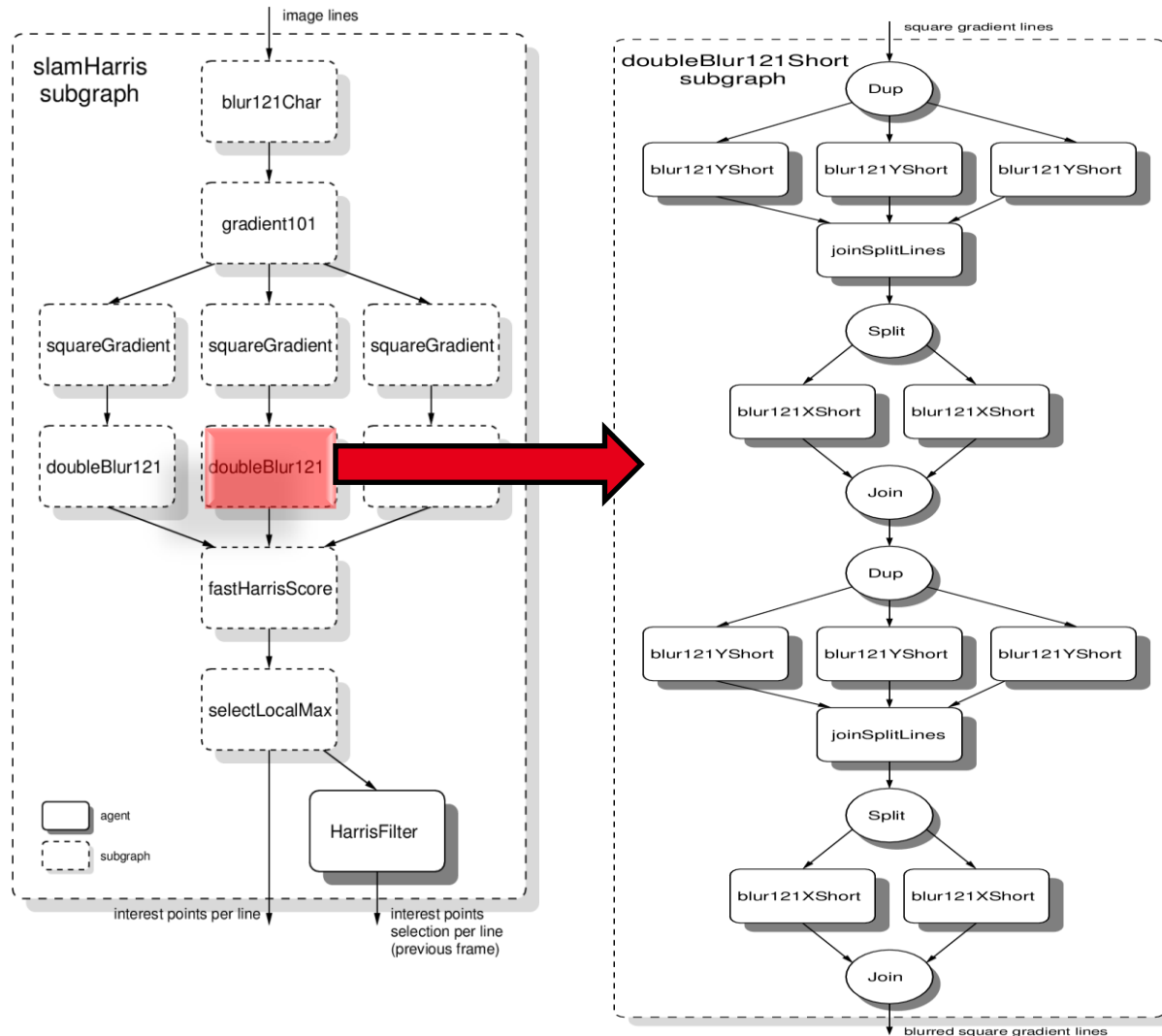
GRAPHE DE TÂCHES DU DÉTECTEUR DE HARRIS



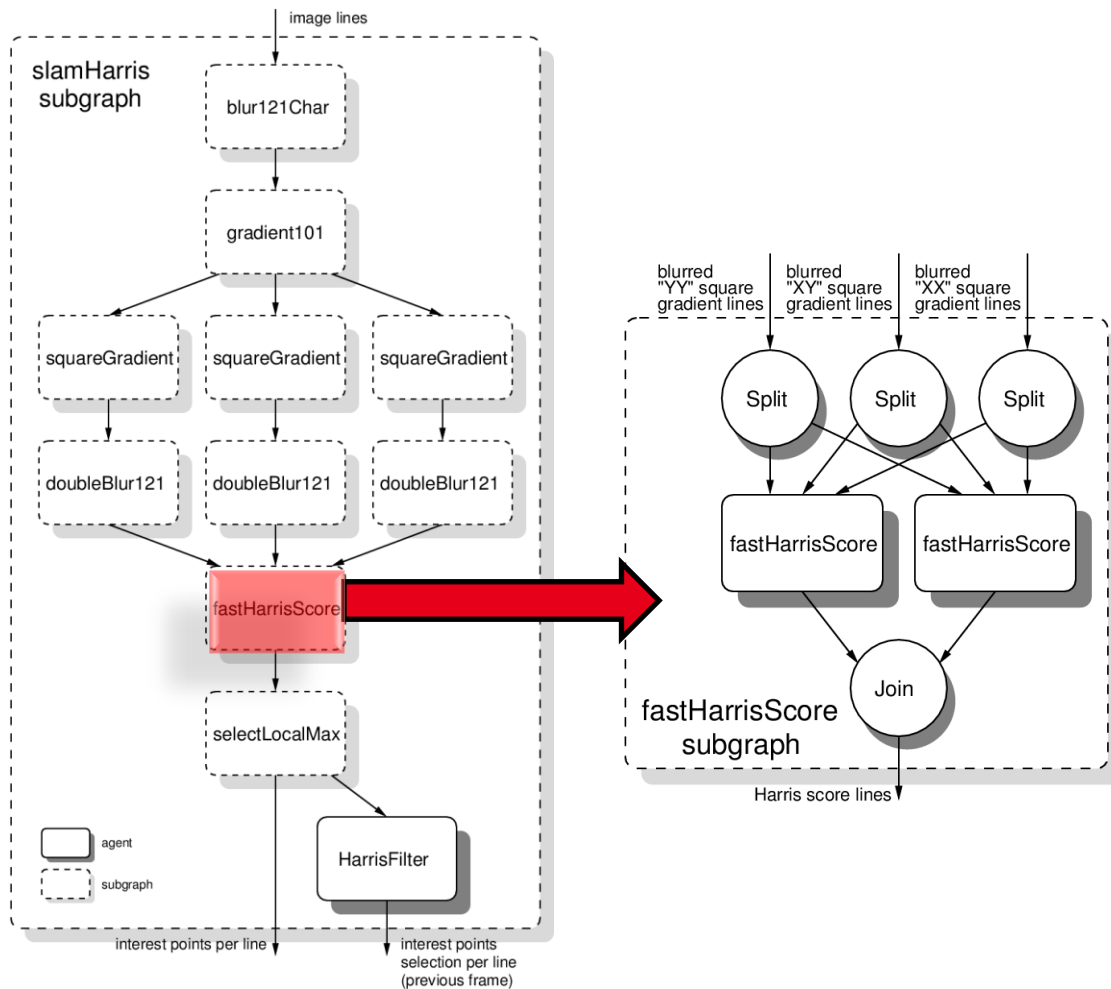
GRAPHE DE TÂCHES DU DÉTECTEUR DE HARRIS



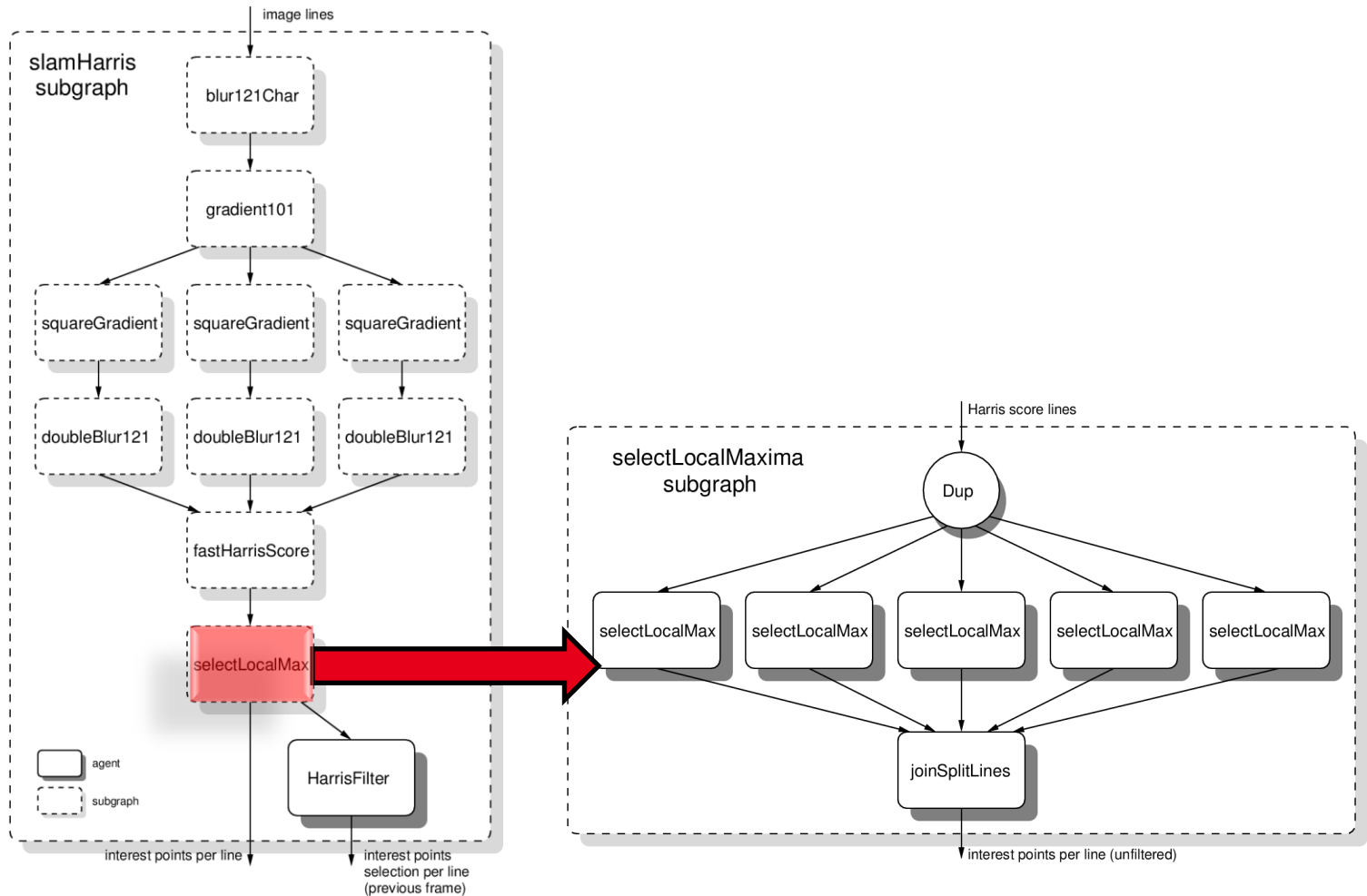
GRAPHE DE TÂCHES DU DÉTECTEUR DE HARRIS



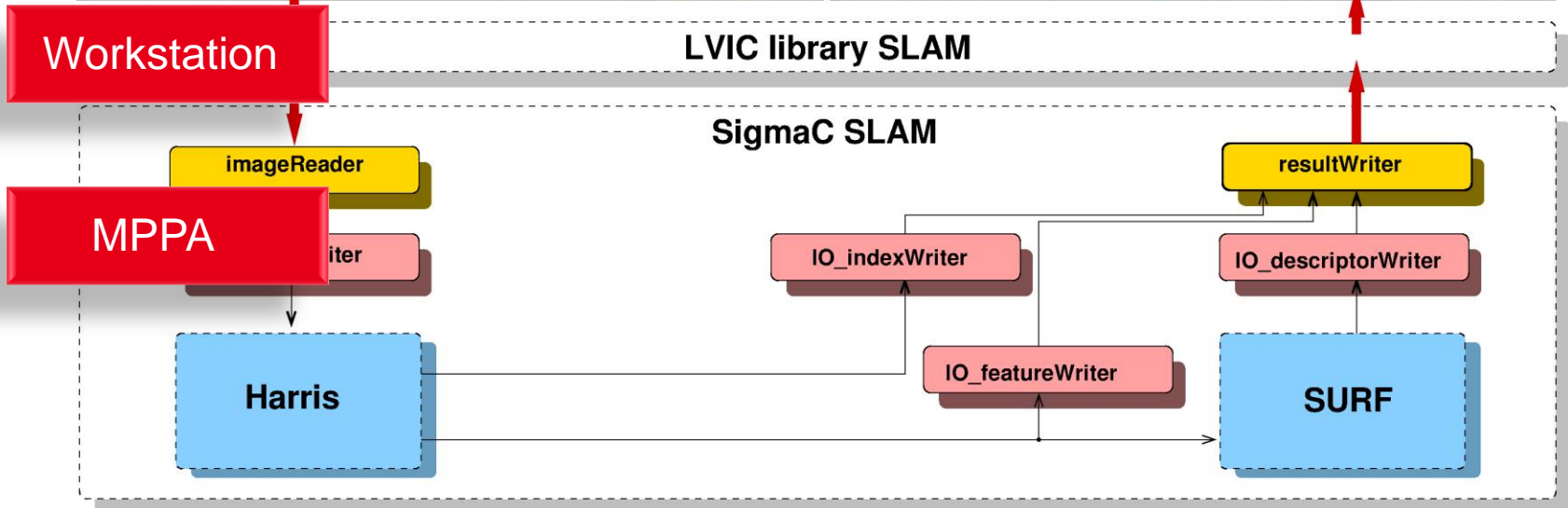
GRAPHE DE TÂCHES DU DÉTECTEUR DE HARRIS



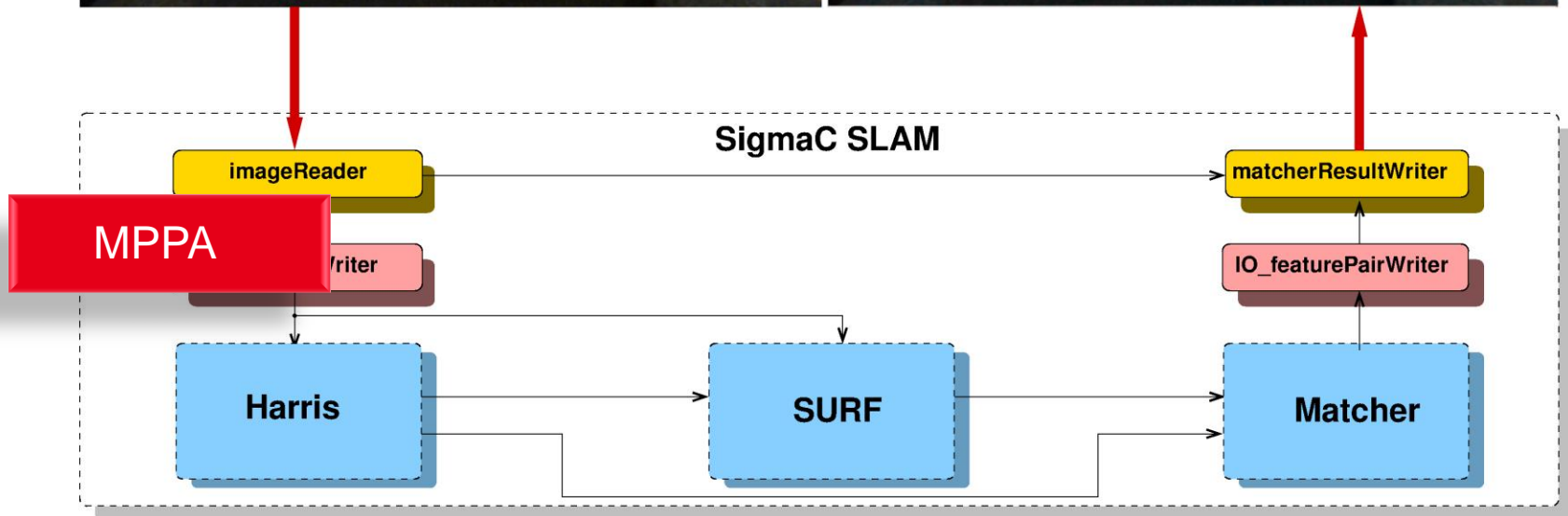
GRAPHE DE TÂCHES DU DÉTECTEUR DE HARRIS



CO-EXÉCUTION MPPA / WORKSTATION



EXÉCUTION MPPA STANDALONE



DÉPLOIEMENT MPPA – HARRIS / SURF / MATCHING

- 400 Points d'Intérêt (PIs)

Image	FPS	Parallélisation	Nombre de tâches Harris / Surf / Match	Mémoire	Clusters
VGA	@ 60	<ul style="list-style-type: none"> • pipeline • pas de parallélisme de données 	15 / 10 / 4	1.60 MB	2
VGA	@ 120	<ul style="list-style-type: none"> • pipeline • parallélisme de données 	16 / 20 / 6	5.44 MB	4
HD 1080	@ 30	<ul style="list-style-type: none"> • pipeline • parallélisme de données 	32 / 5 / 4	2.65 MB	4
HD 1080	@ 60	<ul style="list-style-type: none"> • pipeline • parallélisme de données 	54 / 10 / 4	7.39 MB	8

DÉPLOIEMENT MPPA – HARRIS / SURF / MATCHING

- 400 Points d'Intérêt (PIs)

Image	FPS	Parallélisation	Nombre de tâches Harris / Surf / Match	Mémoire	Clusters
VGA	@ 60	<ul style="list-style-type: none"> • pipeline • pas de parallélisme de données 	15 / 10 / 4	1.60 MB	2
VGA	@ 120	<ul style="list-style-type: none"> • pipeline • parallélisme de données 	16 / 20 / 6	5.44 MB	4
HD 1080	@ 30				
HD 1080	@ 60	<ul style="list-style-type: none"> • pipeline • parallélisme de données 	54 / 10 / 4	7.39 MB	8

8 clusters => 93 / 256 coeurs utilisés

Consommation inférieure à 5 W

DÉPLOIEMENT MPPA – HARRIS / SURF / MATCHING

- 60 images par seconde pour des images en $1920 * 1080$ et 400 points d'intérêts avec une consommation inférieure à 5 W
- Permet d'exécuter une extraction de caractéristiques 2D pour un flux stéréo HD 1080
- Intel® Xeon® CPU X5650 @ 2.67GHz, 6 cores HT, 12 MB L3
 - Intel SSE + implémentation Intel Threading Building Blocks `parallel_for`
 - Harris-Surf-Matching sur des images en 1920×1080 :
20 ms => 50 fps
 - implémentation avec Intel TBB data-flow => ?
 - consommation : 95 W

Merci

mathieu.carrier@cea.fr