

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ECONOMIE CIRCULAIRE :
CONCEPTION RÉVERSIBLE

AUTOMNE 2022

Comment intégrer la réversibilité spatiale et technique d'un projet ?

Caroline HENROTAY



- ▶ Présenter les aspects à prendre en compte pour augmenter :
 - la capacité d'adaptabilité et la transformabilité des bâtiments
 - le potentiel de démontage et de réutilisation des bâtiments, leurs systèmes, produits et matériaux
- ▶ Présenter les outils en cours de développement
- ▶ Présenter le potentiel environnemental et financier de bâtiment conçu d'une façon réversible...

⇒ **Conclusions**



CONCEPTION CIRCULAIRE

LE BÂTIMENT COMME UNE BANQUE DE MATÉRIAUX

CONCEVOIR DES BÂTIMENTS RÉVERSIBLES

RÉVERSIBILITÉ SPATIALE

- Catégories d'indicateurs

RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE

- Réversibilité des systèmes soutenant de nouveau business modèles
- Catégories d'indicateurs
- Evaluation quantitative de la réversibilité technique

CHECK-LIST CONCEPTION RÉVERSIBLES

CAS D'ÉTUDE

- Evaluation de l'impact environnemental



D'UNE APPROCHE LINÉAIRE À UNE APPROCHE CIRCULAIRE



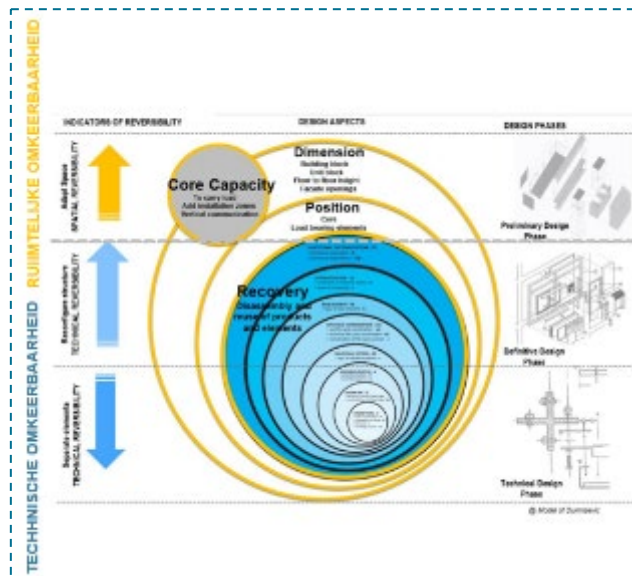
Source: Bruxelles Environnement



D'UNE APPROCHE LINÉAIRE À UNE APPROCHE CIRCULAIRE



CADRE THÉORIQUE & INDICATEURS

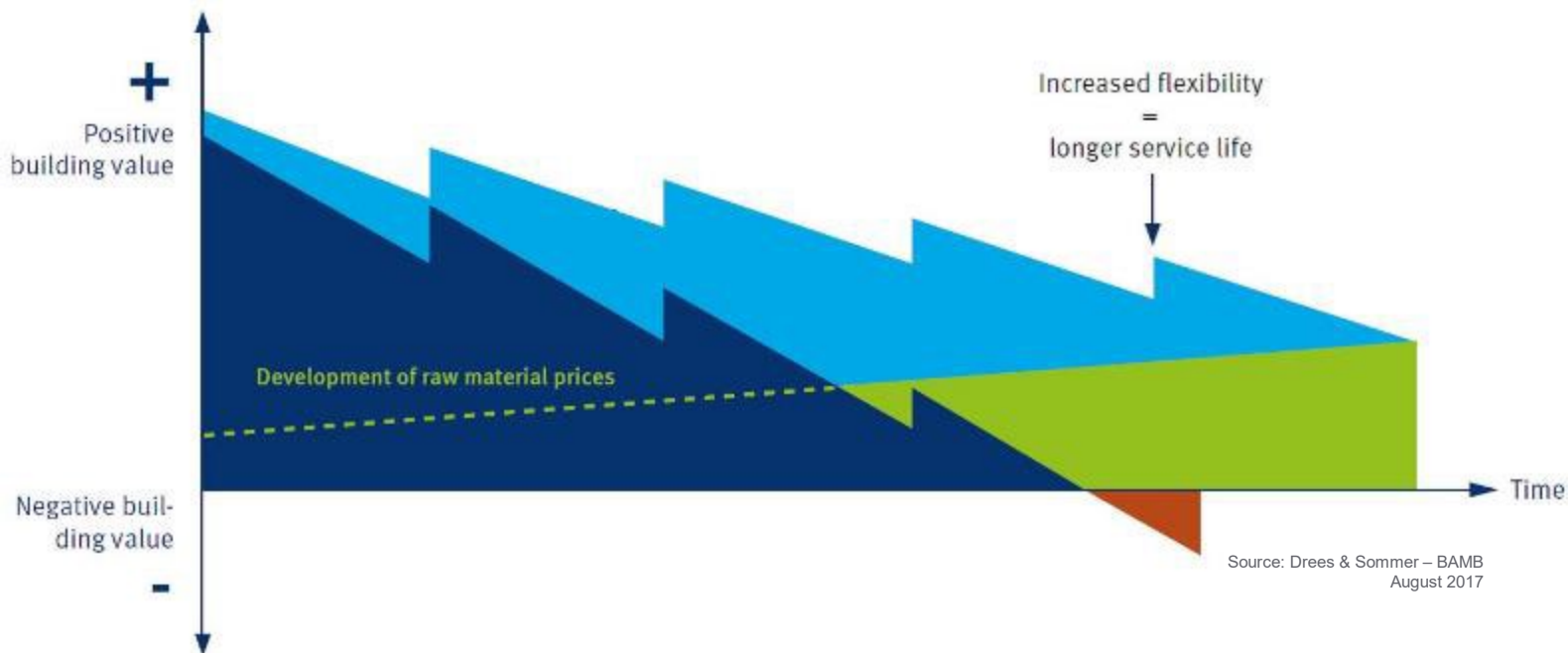


APPLICATION PRATIQUE – BRACOPS



LE BÂTIMENT COMME UNE BANQUE DE MATÉRIAUX

MAINTENIR LA VALEUR DES RESSOURCES DANS LE BÂTIMENT



Source: Drees & Sommer – BAMB
August 2017



Fortis Bank Amsterdam 1998



Fortis Bank Amsterdam 2014



Fortis Bank Amsterdam 2014

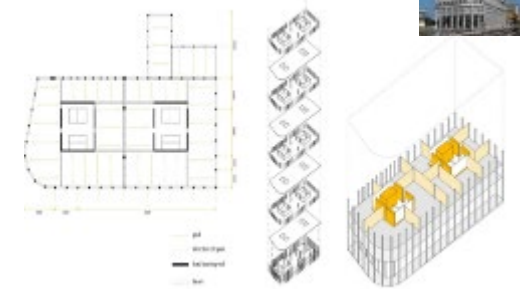
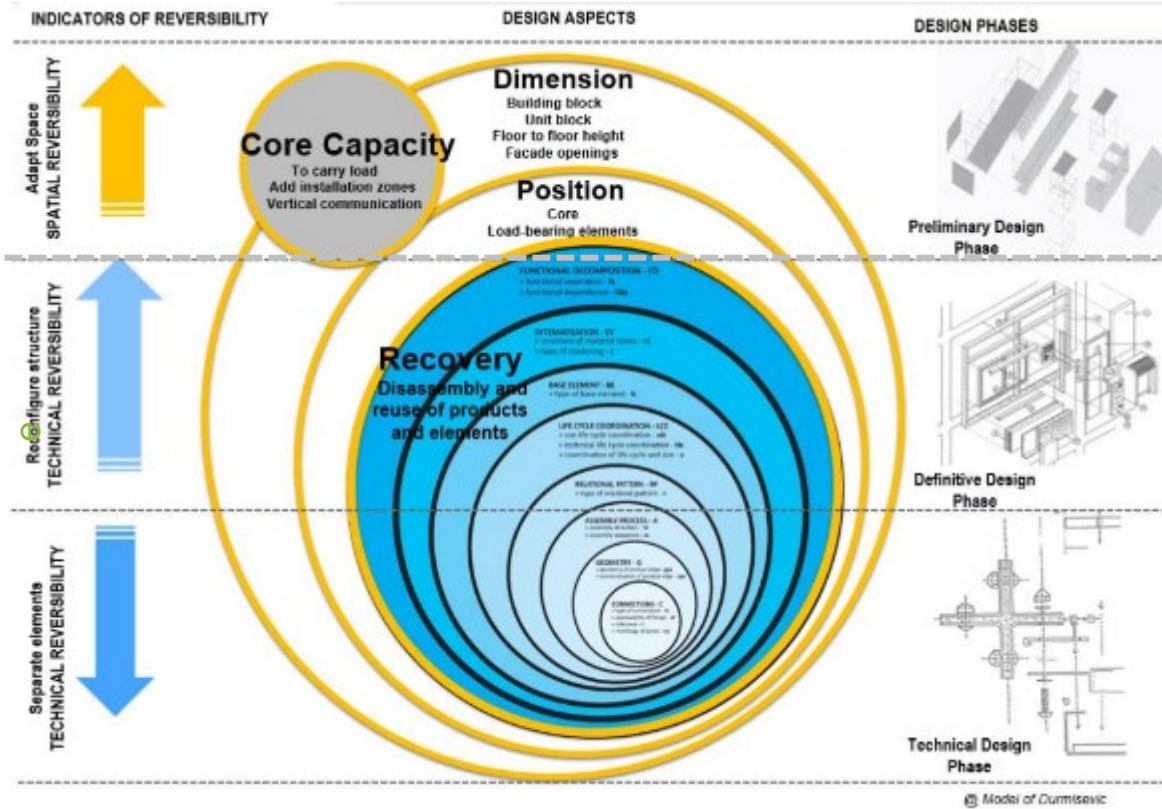
Source: Dr. Elma Durmisevic



CONCEVOIR DES BÂTIMENTS RÉVERSIBLES

RÉVERSIBILITÉ SPATIALE

RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE



Source: Solid 1 & 2 Amsterdam – Baumschlager – Eberle 2010



Source: Drees & Sommer / Dr. Elma Durmisevic

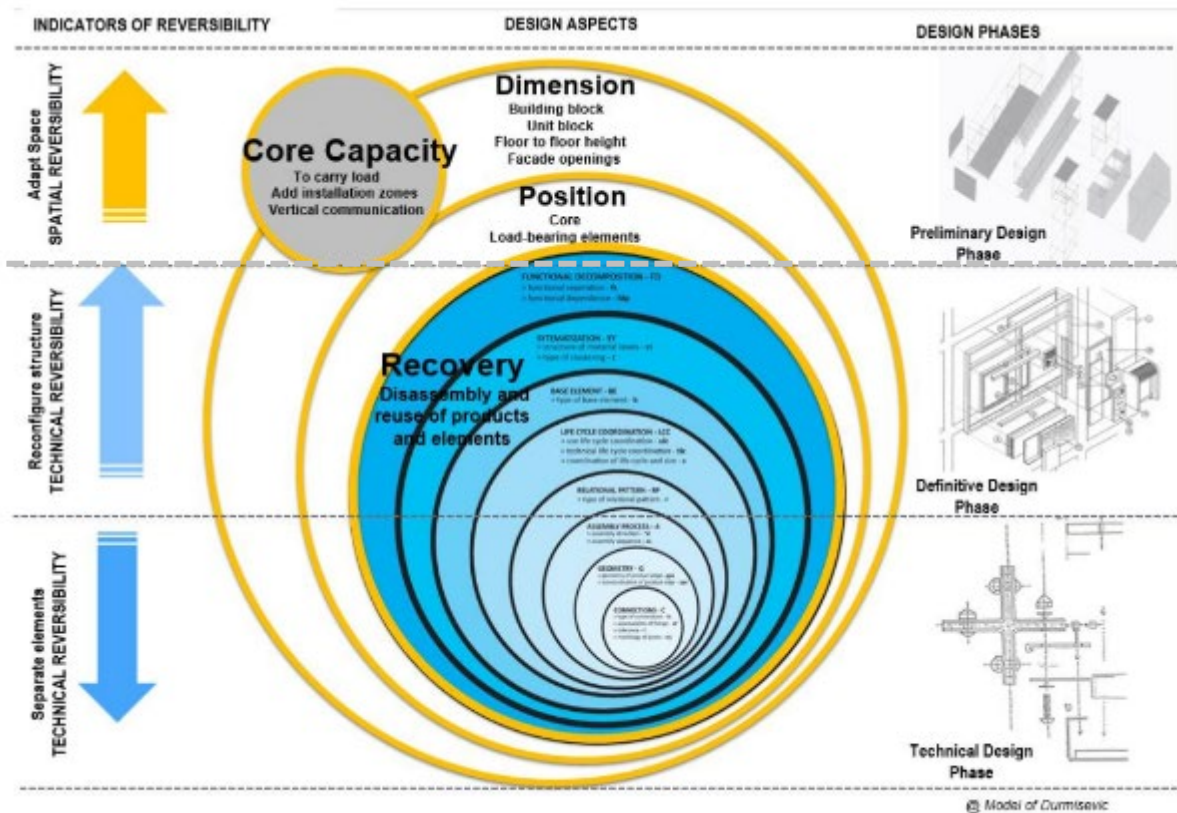
Source: Dr. Elma Durmisevic – BAMB



CONCEVOIR DES BÂTIMENTS RÉVERSIBLES

RÉVERSIBILITÉ SPATIALE

RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE



REVERSIBLE BUILDING DESIGN protocol

Transformation capacity Tool

Reuse potential Tool

- Réversibilité de l'espace
- Réversibilité des produits et systèmes
- Réversibilité des éléments et matériaux

Source: Dr. Elma Durmisevic - BAMB



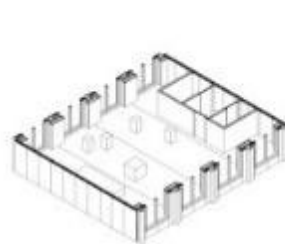
RÉVERSIBILITÉ SPATIALE



Source: Dr. Elma Durmisevic - BAMB



DEFINITION DES SCENARIOS D'UTILISATION



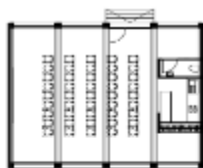
Dissemination Space – Lecture Café
Public



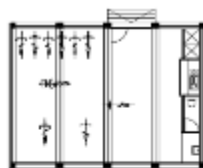
Eco Guesthouse
Residential



Temporary Plug-in Offices
Professional



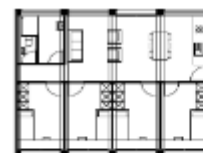
SEMINAR ROOM



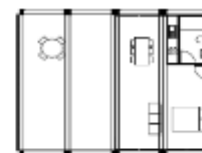
BICYCLE REPAIR SHOP



CONCERT SPACE



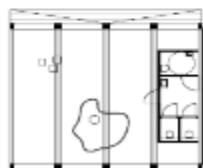
UPDATED STUDENT HOUSING



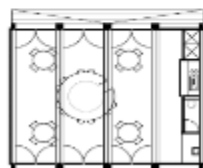
"KANTOKAMEN"



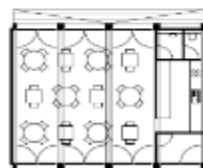
SANDWICH BAR / COFFEE SHOP



MULTIFUNCTIONAL OPEN AIR SPACE



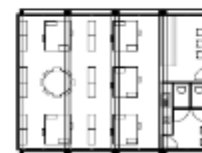
INFORMATION OFFICE



RETRO / RESTO



APARTMENT TYPE 2/3



ADMINISTRATION OFFICE



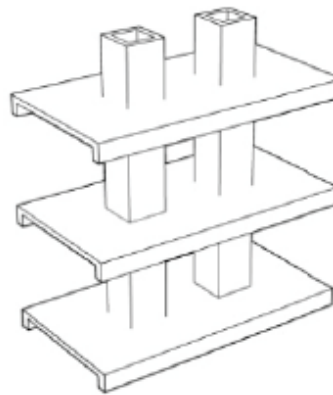
2 INDIVIDUAL STUDIOS



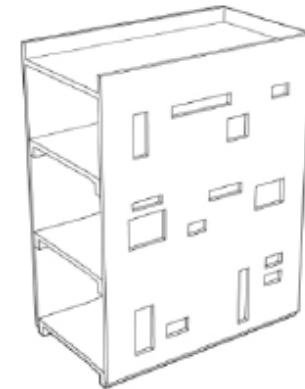
CATÉGORIES D'INDICATEUR

- Dimensions
- Position des noyaux fixes
- Capacité
- Démontabilité

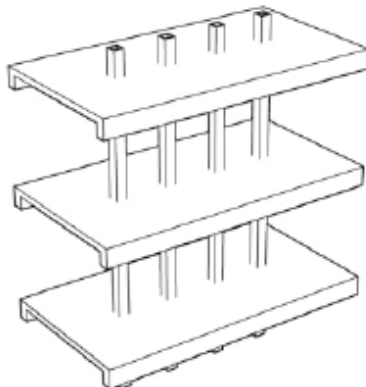
structure



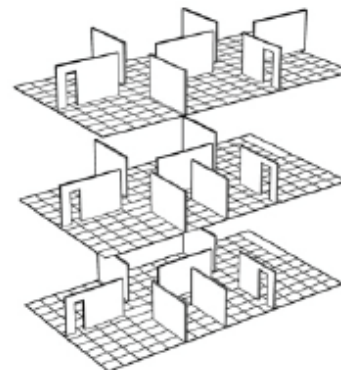
skin



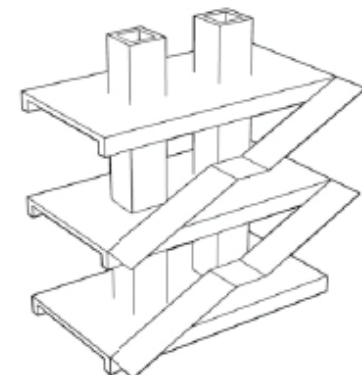
services



space partitioning



circulation



A. Paduart

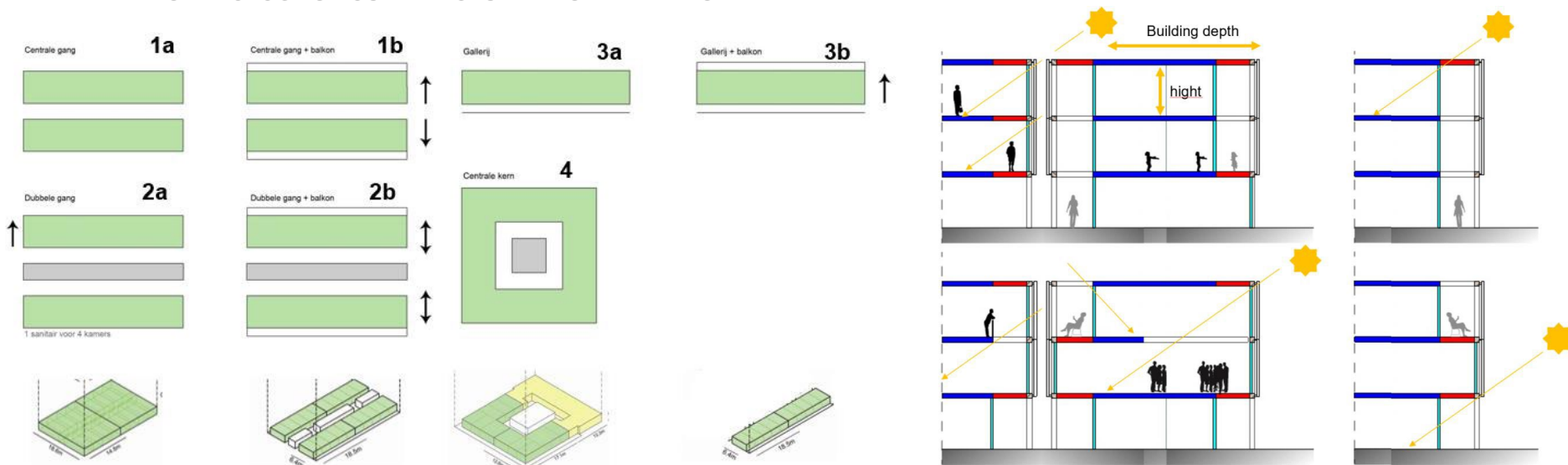


DIMENSIONS

Veillez à ce que les dimensions soient suffisamment généreuses :

- *Volume du bâtiment*
- *Profondeur du volume du bâtiment*
- *Hauteur du plafond*

DIFFÉRENTES TYPOLOGIES POUR LE VOLUME DES BÂTIMENTS



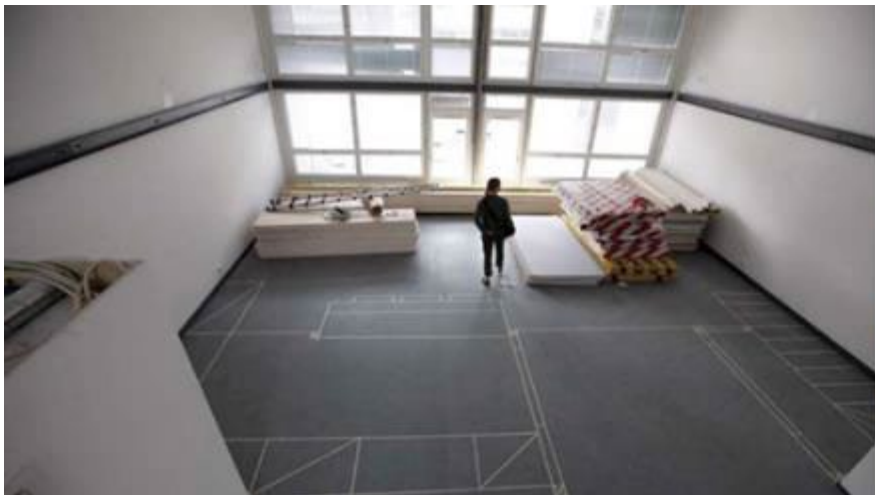
Source: Dr. Elma Durmisevic - BAMB



DIMENSIONS

Veillez à ce que les dimensions soient suffisamment généreuses :

- *Volume du bâtiment*
- *Profondeur du volume du bâtiment*
- *Hauteur du plafond*

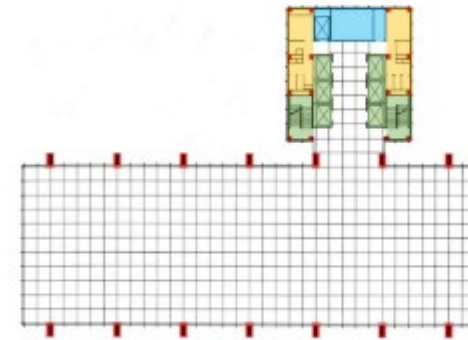


POSITION DES NOYAUX FIXES

- *Assurer un concept structurel en vue d'une utilisation flexible de l'espace de type "plan libre".*
- *Positionnement et regroupement des noyaux fixes en fonction de plusieurs scénarios d'utilisation (utilisation de l'espace, techniques, évacuation, accès, etc.)*

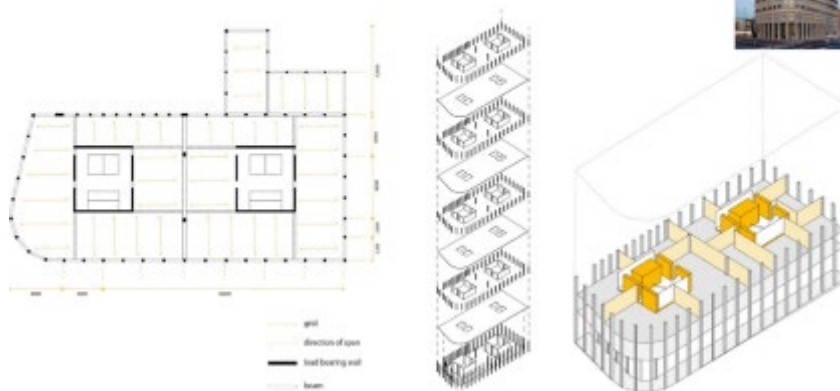
Inland Steel office Building

Skidmore, Owings & Merrill (1958)



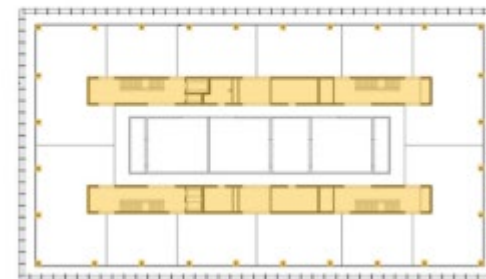
Solid 1 & 2, Amsterdam

Baumschlager-Eberle (2010)



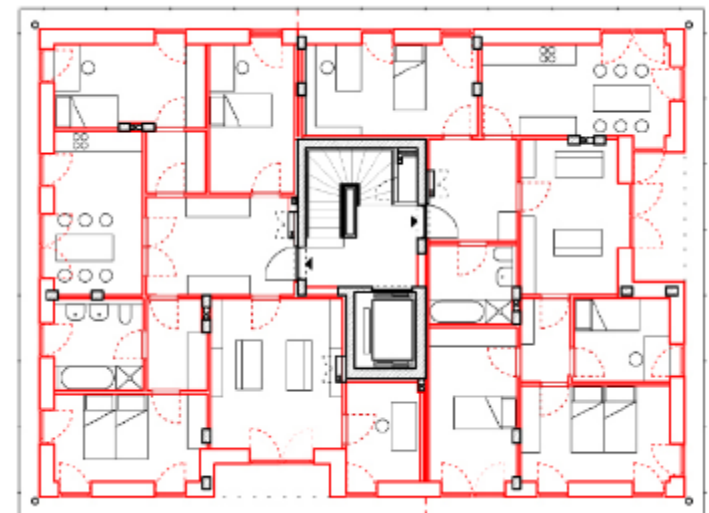
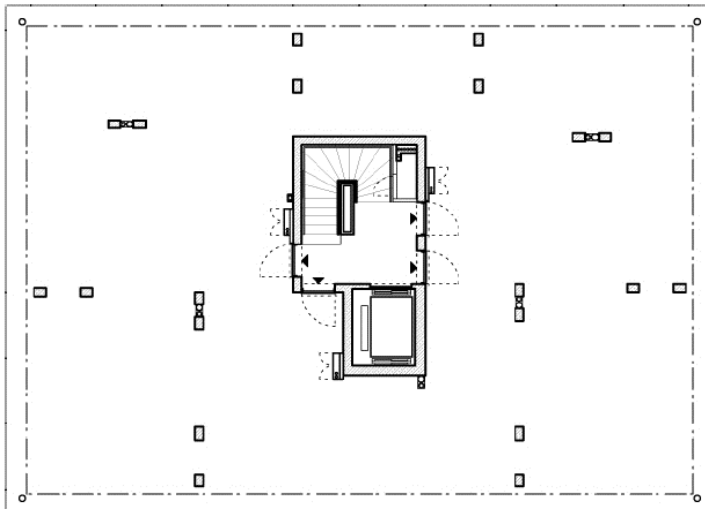
ETH E-science lab, Zurich

Baumschlager-Eberle (2008)



CAPACITÉ

- *Capacité porteuse de la structure* : - Scénarios d'utilisation
- Expansion
- *Circulation* : - Dimensions
- Accès
- Distances
- Capacité porteuse
- *Techniques* : - Gaines techniques (horizontales et verticales)
- Locaux techniques



Bron: Grundbau und Siedler - BeL Sozietät für Architektur BDA, Hamburg

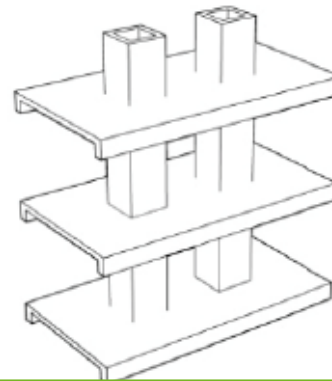
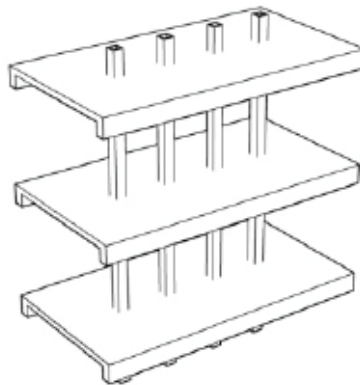
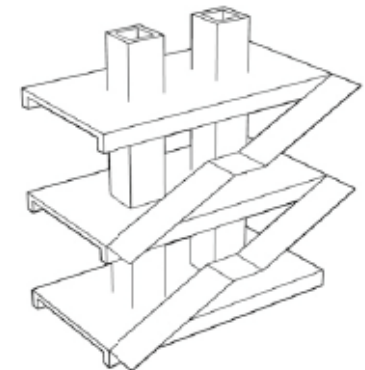


OBJECTIFS : MINIMUM

Conception 'Future proof' des éléments les plus fix

- Dimensions
- Position des noyaux fixes
- Capacité

Garantir l'indépendance des couches fonctionnelles

structure**skin****services****space partitioning****circulation**

A. Paduart

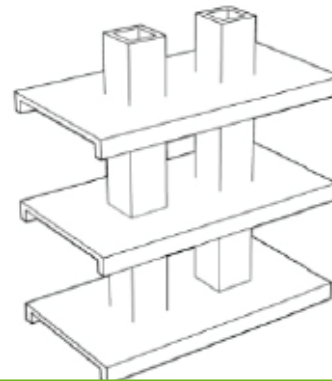
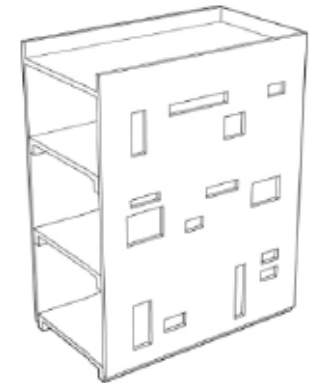
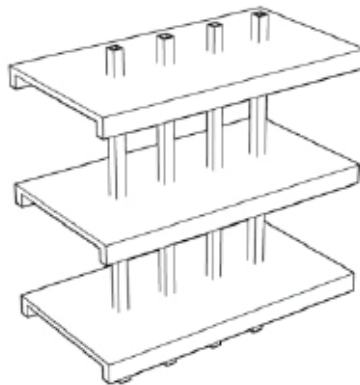
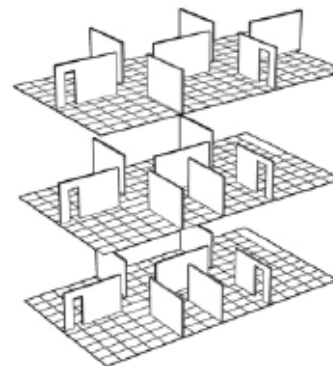
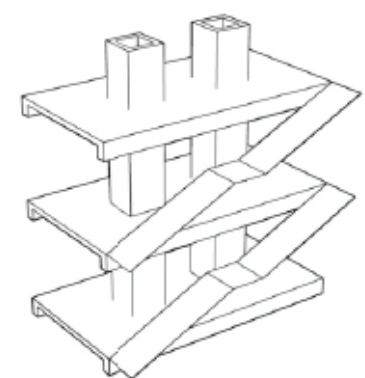


OBJECTIFS : MINIMUM

Conception 'Future proof' des éléments les plus fix

- Dimensions
- Position des noyaux fixes
- Capacité
- Démontabilité

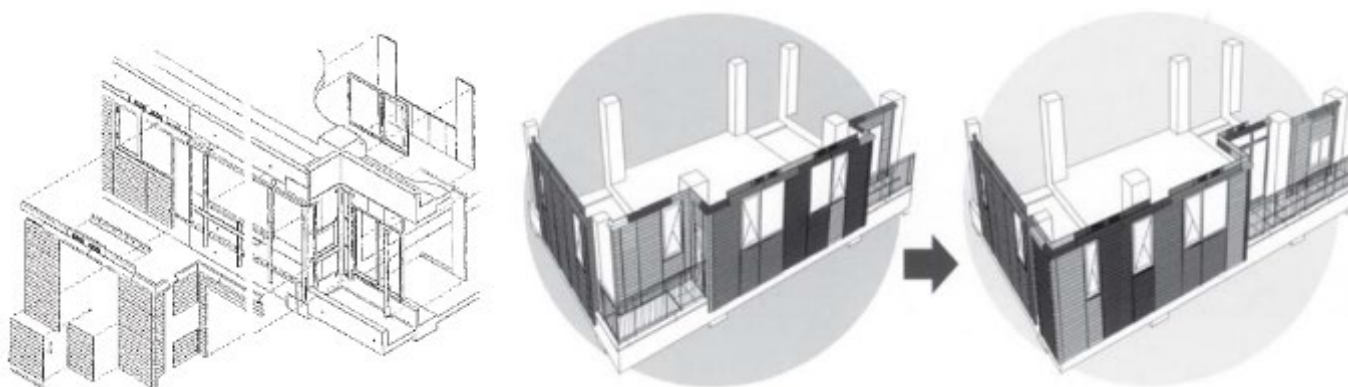
Garantir l'indépendance des couches fonctionnelles

structure**skin****services****space partitioning****circulation**

A. Paduart



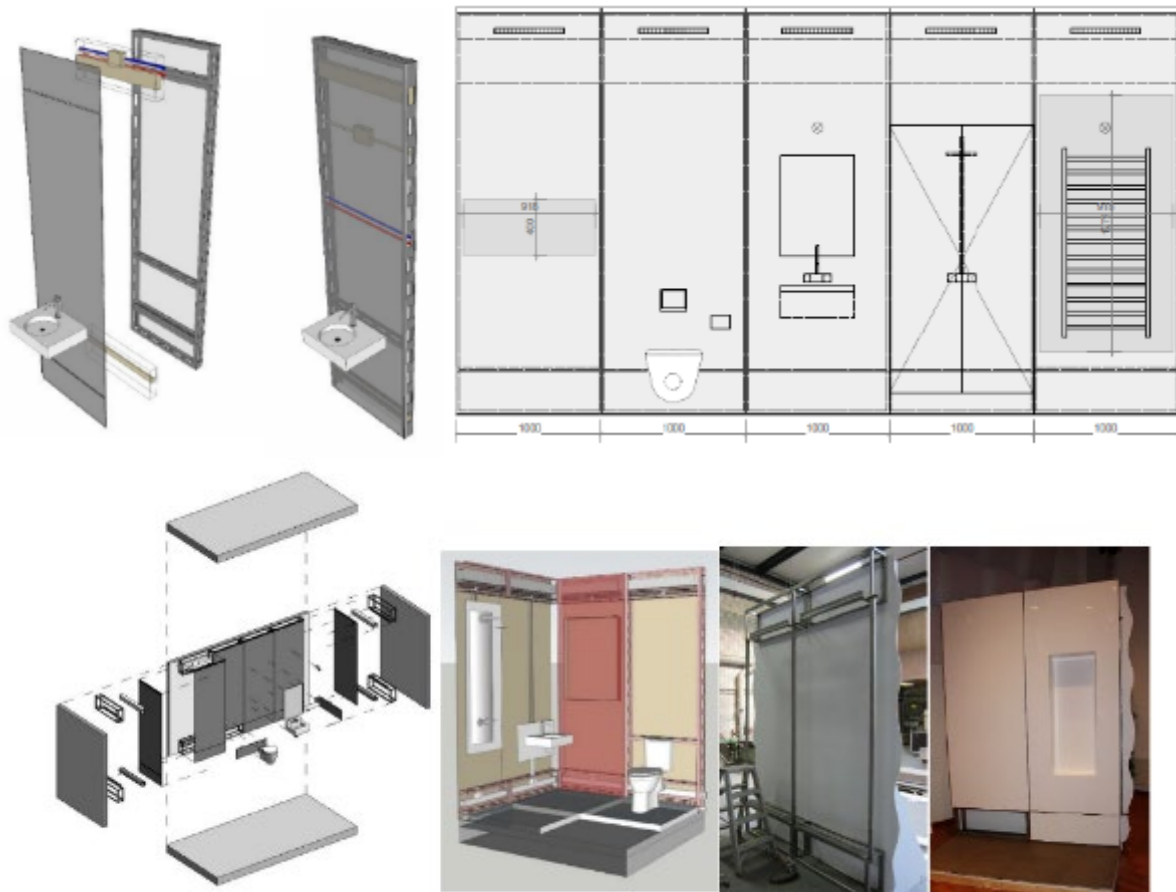
RÉVERSIBILITÉ DES SYSTÈMES, PRODUITS & MATÉRIAUX



Source: Drees & Sommer
Dr. Elma Durmisevic



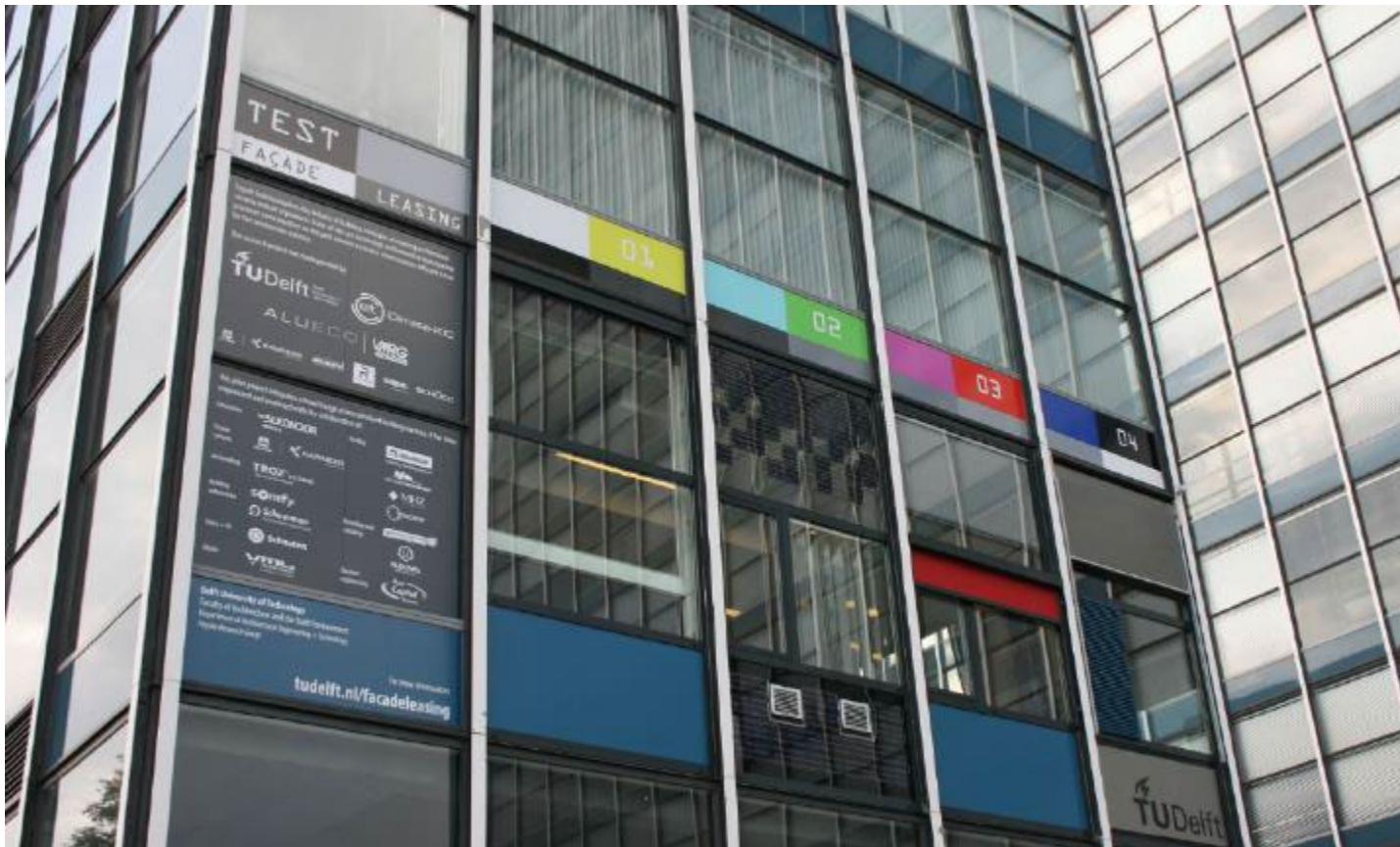
RÉVERSIBILITÉ DES SYSTÈMES, PRODUITS & MATÉRIAUX



Source: 4D Architects



**RÉVERSIBILITÉ DES SYSTÈMES SOUTENANT DE NOUVEAU BUSINESS MODÈLES:
LE PRODUIT COMME UN SERVICE – LA FAÇADE COMME UN SYSTÈME**



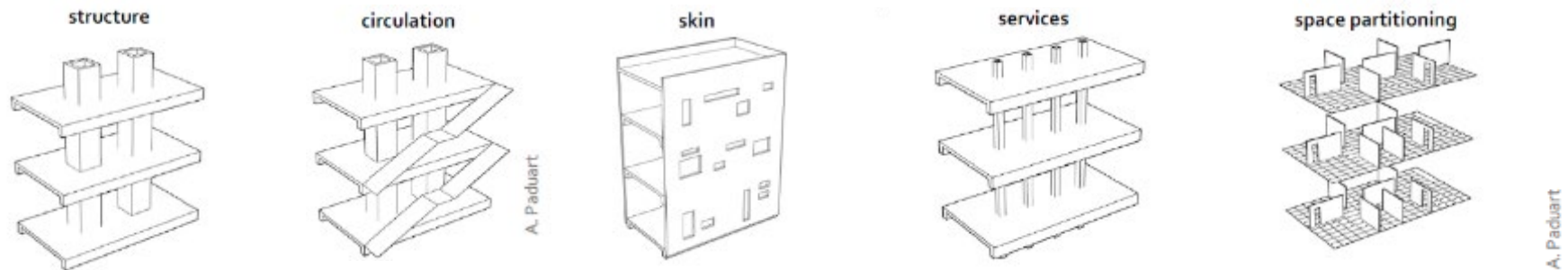
Source: VMRG – Façade as a system, 2018



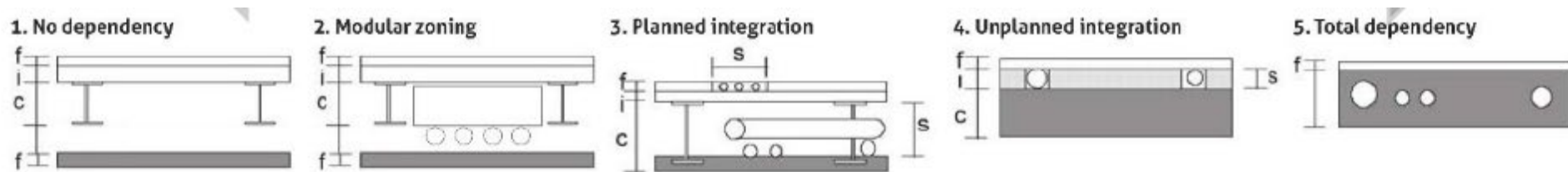
DÉCOMPOSITION FONCTIONNELLE

Niveau d'intégration des fonctions dans un élément et l' (in)dépendance des fonctions ; séparation fonctionnelle; autonomie fonctionnelle

NIVEAU BÂTIMENT



NIVEAU ELEMENT

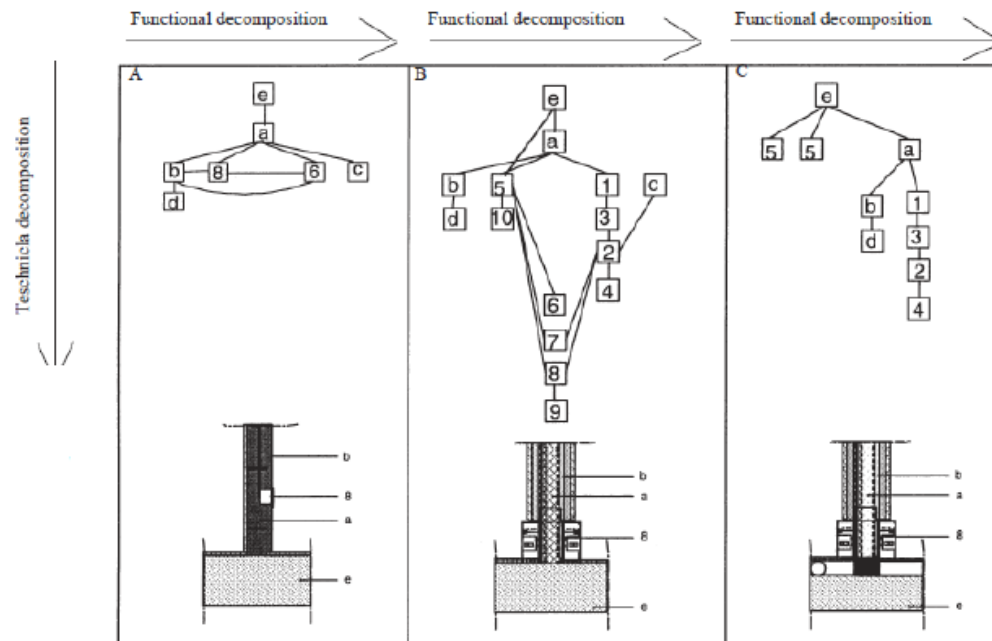
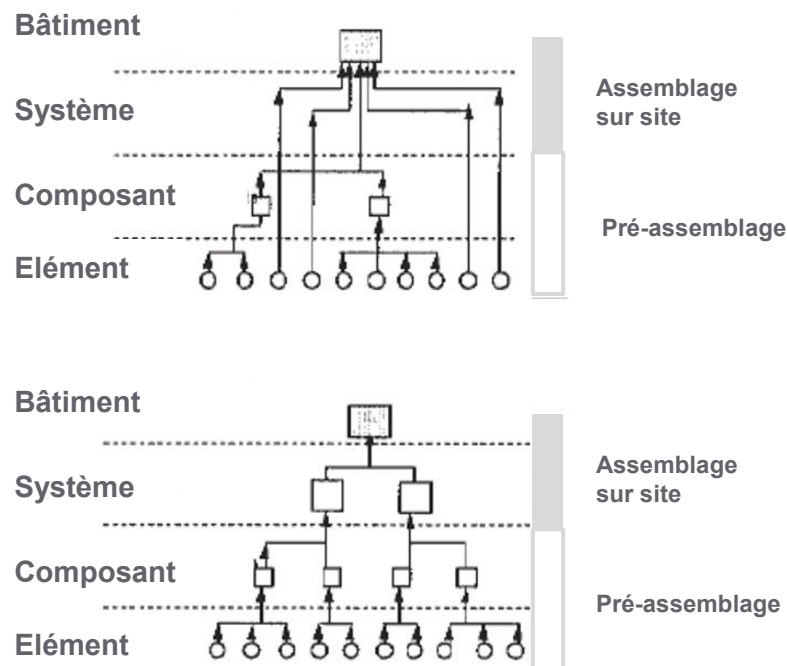


Functions within a floor system:
 c - structure
 f - finishing
 s - servicing
 i - isolation



GROEPEMENT FONCTIONNEL

La systématisation introduit la notion d'ensembles et de sous-ensembles ou la création de « clusters d'éléments » en lien avec leur cycle de vie et niveaux d'intégration. Ces clusters d'éléments permettent une meilleure démontabilité d'ensemble.

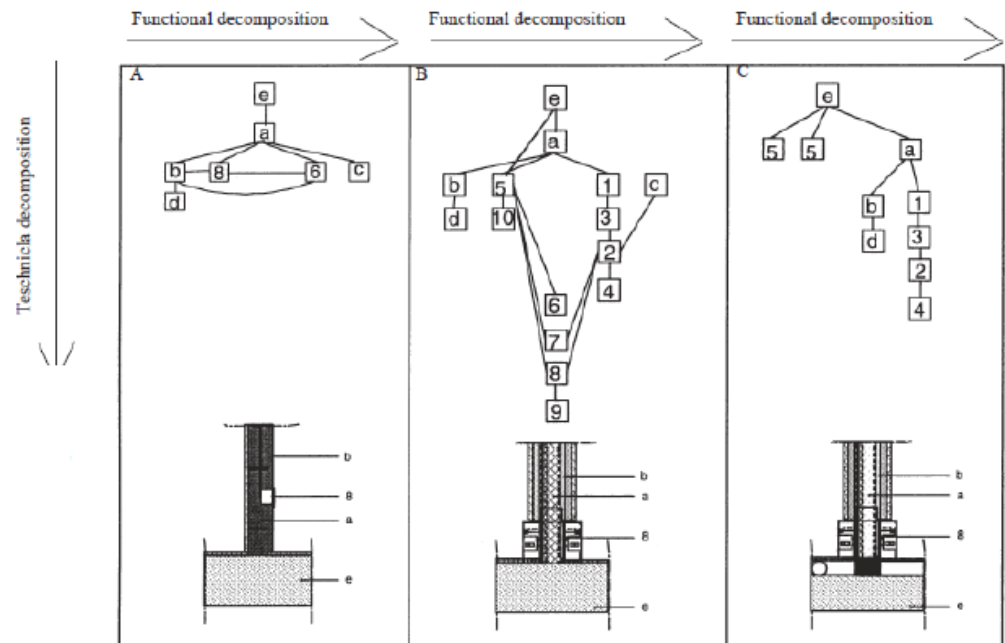


Source: Dr. E. Durmisevic - BAMB



GROEPEMENT FONCTIONNEL

La systématisation introduit la notion d'ensembles et de sous-ensembles ou la création de « clusters d'éléments » en lien avec leur cycle de vie et niveaux d'intégration. Ces clusters d'éléments permettent une meilleure démontabilité d'ensemble.

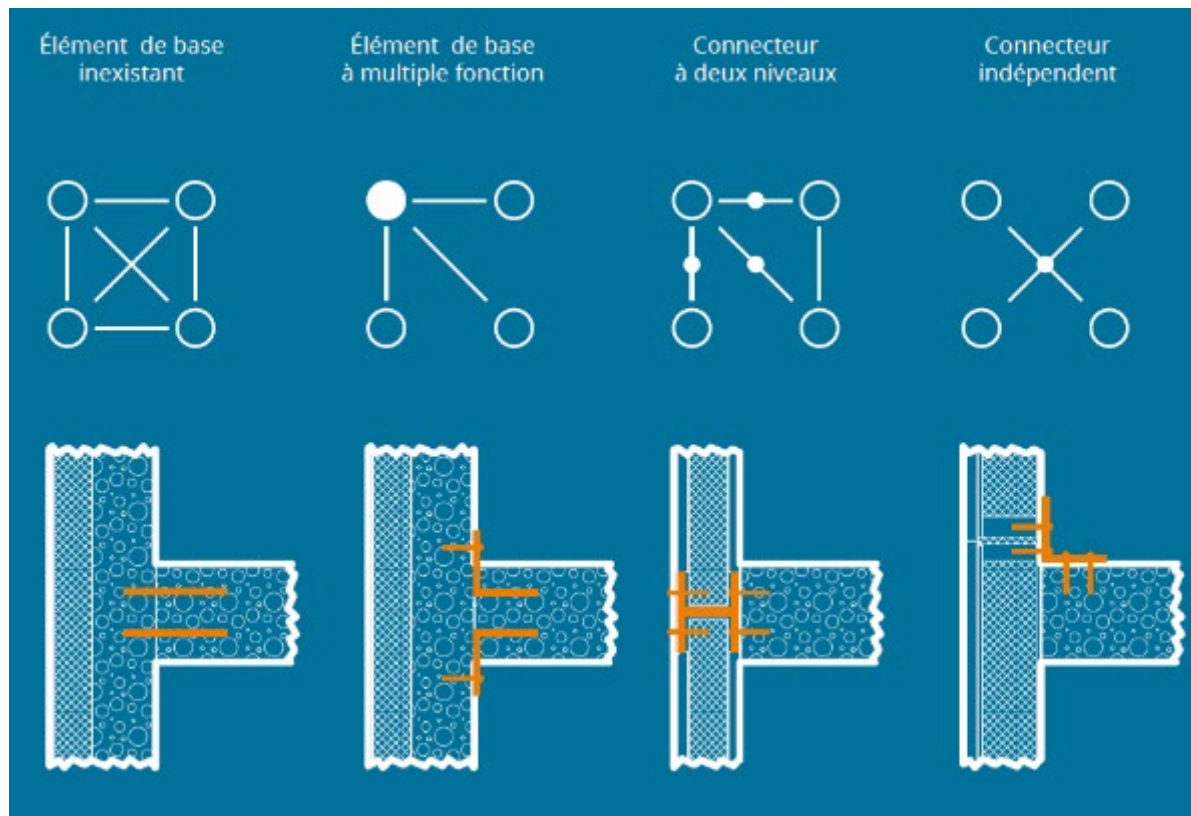


Source: Dr. E. Durmisevic - BAMB



ÉLÉMENT DE BASE

L'élément de base spécifie le mode de liaison entre deux clusters d'éléments.



Source: Dr. E. Durmisevic

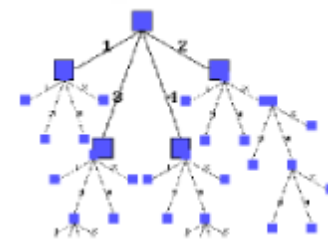
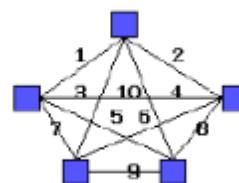
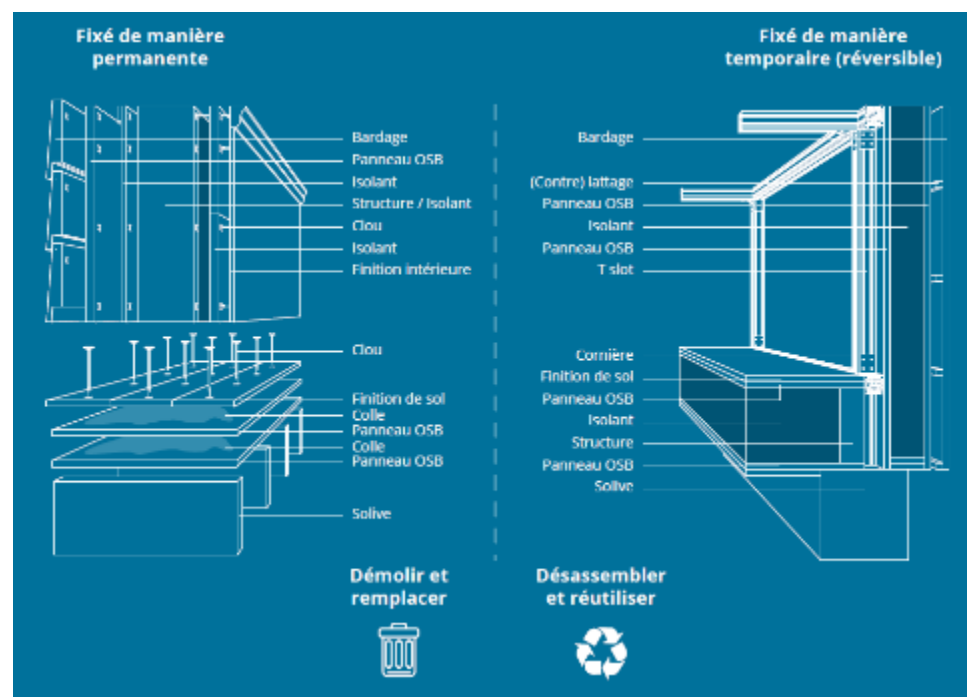


HIÉRARCHIE D'ASSEMBLAGE

La notion de hiérarchisation fait appel aux liaisons entre éléments. Les bâtiments traditionnels ont un diagramme des relations entre éléments complexes, avec une forte interdépendance entre tous les éléments. Le potentiel de désassemblage va avec la réduction du nombre de relations entre éléments différents.

Assemblage fermé	En plans	Assemblage bloqué	Assemblage table	Assemblage ouvert	Assemblage partagé
■ - éléments matériels			○ - composants		

Tableau 5 : Illustration notion de hiérarchies ouvertes ou fermées. Source: Elma Durmisevic

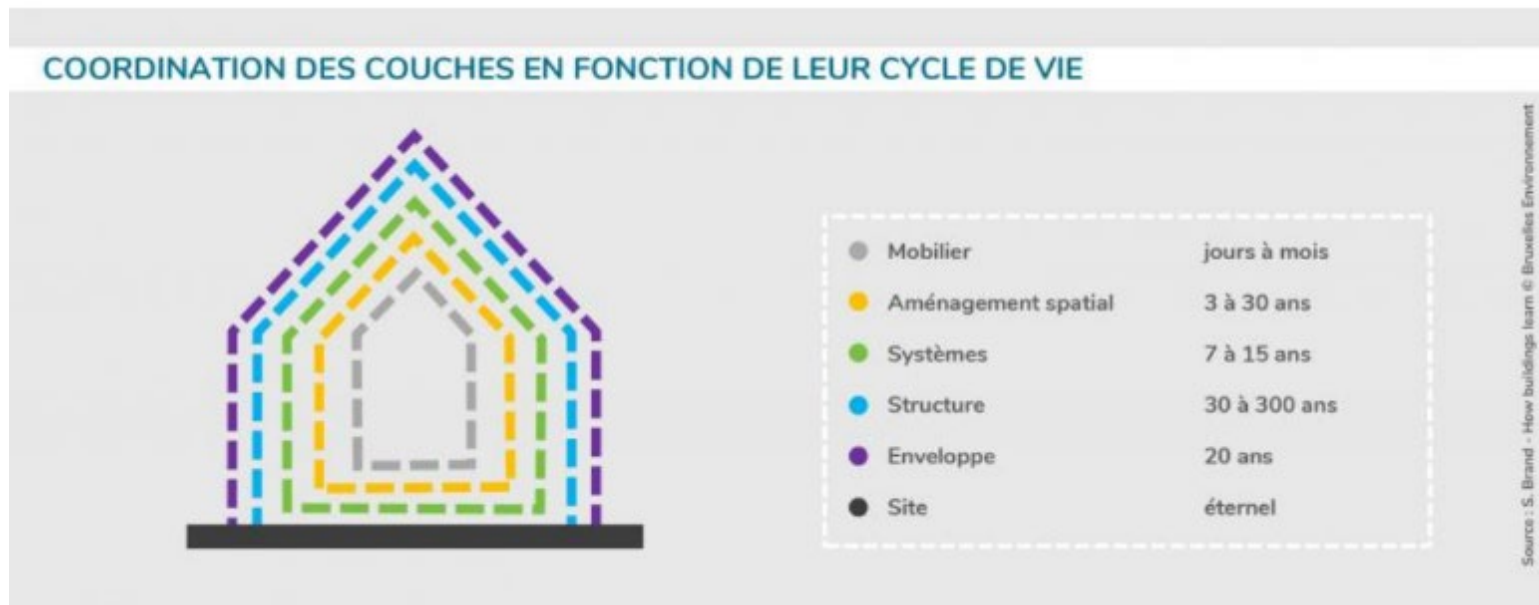


COORDINATION DES COUCHES EN FONCTION DE LEUR CYCLE DE VIE

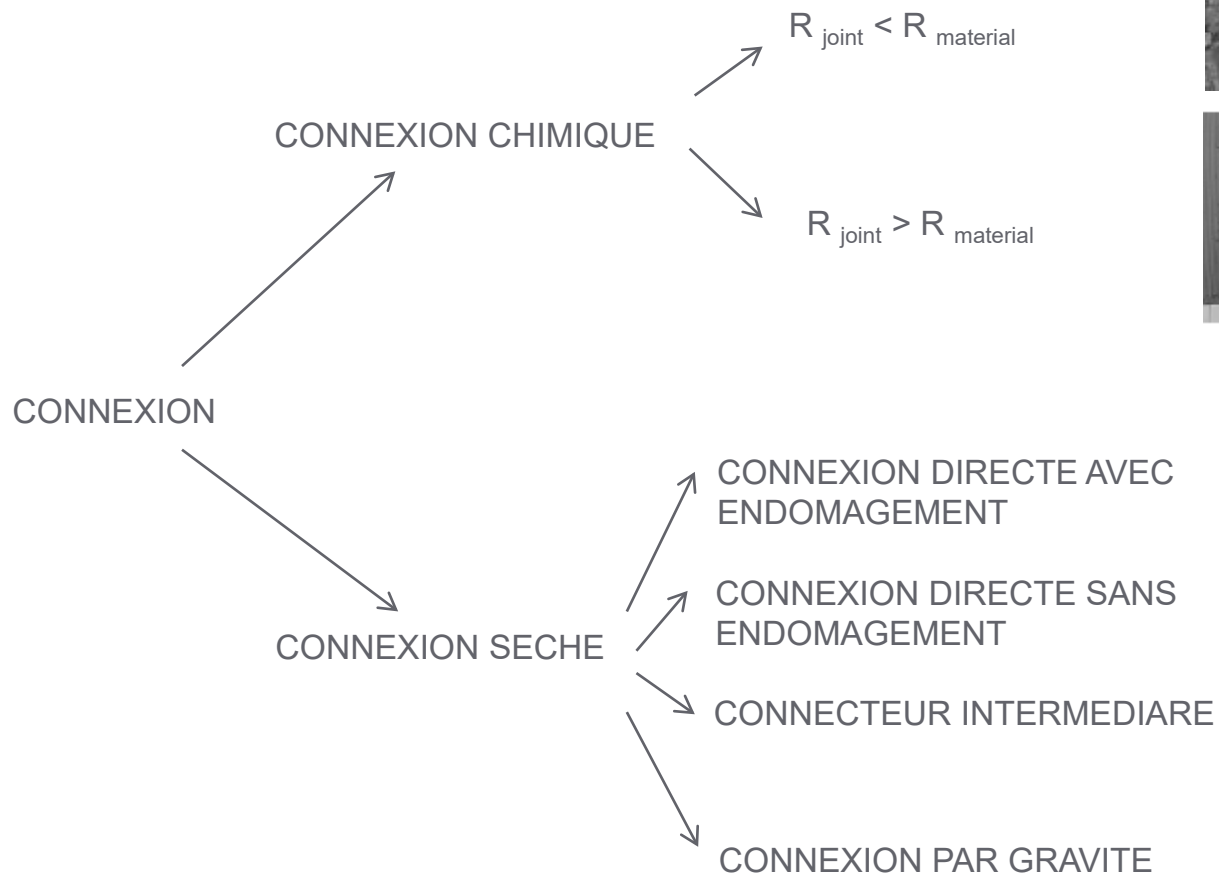
La théorie des « couches » se base sur le fait que les différentes « couches » du bâtiment n'ont pas la même durée de vie utile.

Ces différentes « couches » doivent être le plus possible indépendantes les unes des autres.

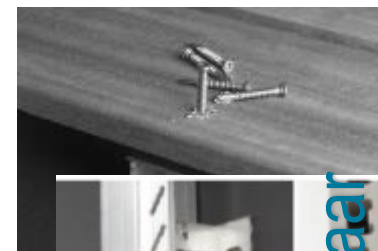
Séparer les composants à longue durée de vie des composants à courte durée de vie facilitera l'adaptation et réduira la complexité du démontage, en permettant la dépose des types spécifiques de matériaux un type à la fois, facilitant ainsi le processus de collecte pour le recyclage et la mise à niveau.



DÉMONTABILITÉ



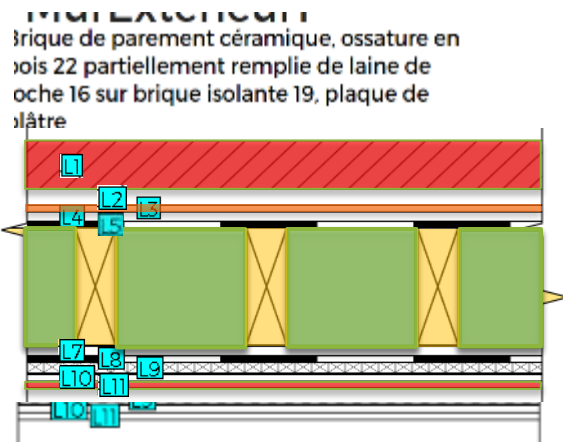
Minder omkeerbaar



Meer omkeerbaar



TYPES DE CONNEXION : INDICATION QUALITATIVE DU POTENTIEL DE RÉVERSIBILITÉ DES CONNEXIONS DANS L'OUTIL TOTEM



Coût environnemental: 19,51€/FU
 Catégorie: Mur-Mur extérieur
 Référence: (21)+
 Unité fonctionnelle (FU): Surface (m²)
 Valeur U: 0.2477W/m²K

Red = irréversible

Orange = réversible avec dommages

Vert = réversible

	Matériaux		Nouveau / Existant	Paramètre de dimension		Lambda [W/mK]
EXT	L1	Finition de mur, extérieur - élément de fermeture - blocs/briques - brique de parement - brique moulée main M50 (190x90x50) y compris mortier et rejointoyage	Nouveau	Epaisseur	0.09m	1.328
	L2	Cavité d'air - 3 cm - non ventilée	Nouveau	Epaisseur	0.03m	
	L3	Finition de mur, extérieur - accessoire - crochets de mur - acier galvanisé (180x3,5mm)	Nouveau			
	L4	Finition de mur, extérieur - panneaux - panneau souple composé de fibres de bois et de bitume - 18 mm	Nouveau	Epaisseur	0.018m	0.05
	L5	Mur extérieur - pare-pluie (perméable à la vapeur) - polyéthylène 2/10, agrafé	Nouveau	Epaisseur	0.000 22m	
	L6	Multiple				
INT	2.7%	Mur extérieur - porteur - partie primaire - blocs/briques - blocs de terre cuite perforés isolants (290x190x140) y compris mortier (1 cm joint)	Nouveau	Epaisseur	0.19m	0.3436
	97.3%	Mur extérieur - porteur - partie primaire - ossature en bois (220 mm, sur site; 20%) partiellement remplie de laine de roche (160 mm, 80%)	Nouveau	Epaisseur	0.22m	0.0669
	L7	Finition de mur, extérieur - panneaux - panneau OSB - 18 mm	Nouveau	Epaisseur	0.018m	0.13
	L8	Finition de mur, intérieur - pare-vapeur - papier kraft - sans treillis - fixé avec du ruban adhésif	Nouveau	Epaisseur	0.000 22m	
	L9	Finition de mur, intérieur - sous-structure pour plaques - structure en bois (22x47mm)	Nouveau	Epaisseur	0.022m	
	L10	Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque de plâtre, 1 couche (épaisseur 12.5 mm) vissé (sous-structure non comprise) y compris remplissage des joints	Nouveau	Epaisseur	0.0125m	0.25
	L11	Finition de mur, intérieur - traitement de l'élément de fermeture - peinture sur plaque en plâtre - peinture acrylique (3 couches, épaisseur de couche sèche 35 micromètres)	Nouveau	Epaisseur	0.000 105m	
Épaisseur totale					0.41195m	

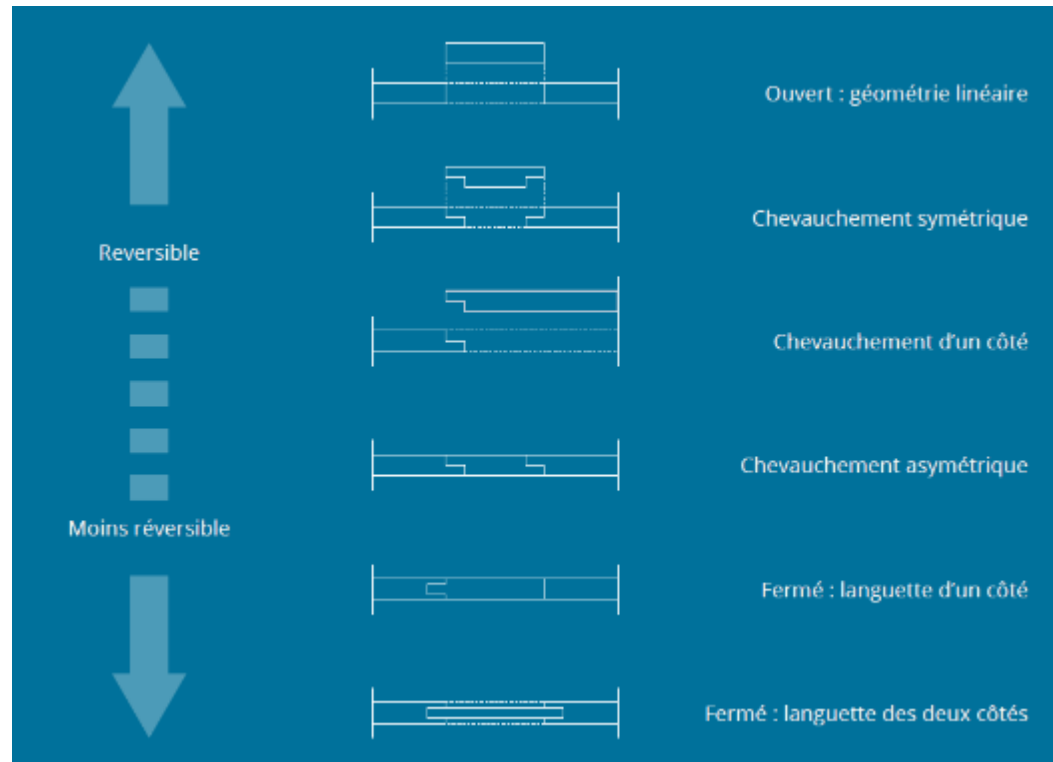
Source: TOTEM



DÉMONTABILITÉ

TYPE DE CONNEXION

GEOMETRIE DES CONNEXIONS



Bron: Dr. E. Durmisevic - BAMB



DÉMONTABILITÉ

TYPE DE CONNEXION

GEOMETRIE DES CONNEXIONS

ACCESSIBILITÉ DES CONNEXIONS

Bron: Dr. E. Durmisevic - BAMB



STANDARDISATION

- Limiter le nombre d'éléments différents
- Limiter le nombre de dimensions différentes
- Utiliser des dimensions standard
- Utiliser des éléments couramment utilisés / standard
 - un plus grand volume disponible pour une réutilisation future
 - Augmenter la possibilité d'interchangeabilité



CHECK-LIST CONCEPTION RÉVERSIBLE

RÉVERSIBILITÉ SPATIALE: CONCEVOIR POUR UNE PLUS LONGUE DURÉE DE VIE

OBJECTIFS

Décrivez ici au moyen de **scénarios d'utilisation**

- quelle flexibilité d'activités le bâtiment doit-il pouvoir accueillir aujourd'hui (**possibilité de compartimentage, utilisation multiple de l'espace**)
- quelles activités le bâtiment doit-il pouvoir accueillir dans le futur (**adaptabilité fonctionnelle, extensibilité/rétractabilité**)

Démontrez en plan et en coupe la faisabilité de ces scénarios pour les aspects énumérés ci-dessous. Suivez-les tout au long du projet.

Description des objectifs par le maître d'ouvrage:

Approche proposée par l'équipe de conception:



STRATÉGIES

1. VOLUMÉTRIE ET ORGANISATION SPATIALE DES FONCTIONS

stratégies

1.1 L'**implantation et l'orientation des volumes bâtis** permettent une organisation spatiale logique des fonctions souhaitées pour chaque scénario d'utilisation

priorité (x)

application

réalisation (x)

☐☐☐☐☐☐☐

l'organisation spatiale des fonctions peut être testée sur base de:

- zonage thermique : délimitation du volume protégé, implantation et regroupement des fonctions nécessitant de la chaleur/du froid
 - l'accès à la lumière du jour: orientation, ratio entre la profondeur et la hauteur des pièces
 - l'accès à l'air extérieur: possibilités de ventilation naturelle (sur une seule façade, transversale, en cheminée); restrictions en matière de qualité de l'air extérieur, de pression
- la surcapacité (espace excédentaire) est évitée dans tous les scénarios

+infos: [Dimensions du volume bâti](#)
[Dimensions des unités du bâtiment](#)

1.2 La **profondeur des volumes** permet une organisation spatiale logique des fonctions souhaitées pour chaque scénario d'utilisation

☐☐☐☐☐☐☐

profondeur des bâtiments, profondeur des atriiums, profondeur des pièces par rapport aux dimensions d'utilisation et l'apport de lumière naturelle

+infos: [Profondeur du volume bâti](#)
[Dimensions des baies par rapport à la lumière naturelle](#)
[Hauteur sous-plafond](#)

1.3 La **hauteur des étages** permet une organisation spatiale logique des fonctions souhaitées pour chaque scénario d'utilisation.

☐☐☐☐☐☐☐

hauteurs de plancher à plancher, hauteurs de plancher au plafond par rapport aux dimensions d'utilisation et l'apport de lumière naturelle
tenez également compte de l'espace nécessaire pour tout réseau d'installation futur résultant du changement de fonction

+infos: [Hauteur sous-plafond](#)

2. MODULARITÉ



RÉVERSIBILITÉ SPATIALE: CONCEVOIR POUR UNE PLUS LONGUE DURÉE DE VIE



STRATÉGIES

1. VOLUMÉTRIE ET ORGANISATION SPATIALE DES FONCTIONS

stratégies	priorité (x)	application	réalisation (x)					
1.1 L'implantation et l'orientation des volumes bâtis permettent une organisation spatiale logique des fonctions souhaitées pour chaque scénario d'utilisation	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
<i>L'organisation spatiale des fonctions peut être testée sur base de:</i> - zonage thermique : délimitation du volume protégé, implantation et regroupement des fonctions nécessitant de la chaleur/du froid - l'accès à la lumière du jour: orientation, ratio entre la profondeur et la hauteur des pièces - l'accès à l'air extérieur: possibilités de ventilation naturelle (sur une seule façade, transversale, en cheminée); restrictions en matière de qualité de l'air extérieur, de pression <i>la surcapacité (espace excédentaire) est évitée dans tous les scénarios</i>								
+infos: Dimensions du volume bâti Dimensions des unités du bâtiment								

DOCUMENTATION

description	réceptionné (x)					
Décrivez la documentation souhaitée. Dans le tableau de suivi, indiquez à quel stade la documentation est demandée en encadrant les cellules concernées.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Copier les lignes si nécessaire	☐	☐	☐	☐	☐	☐
p. ex. approche méthodologique	☒	☒	☐	☐	☐	☐
p. ex. plans, comparaison de variantes, calculs, ...	☐	☒	☒	☐	☐	☐

COMMENTAIRES

description	nom et date
ajoutez un commentaire (copier les lignes si nécessaire)	ajoutez le nom et la date



RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE: CONCEVOIR POUR LE DÉMONTAGE ET LE RÉEMPLOI

OBJECTIFS

Les maîtres d'ouvrage et les concepteurs peuvent définir pour **quels différents éléments, couches ou composants** du bâtiment la réversibilité technique est optimisée ainsi que le **type d'optimisation** visée:

- type de démontage: démontage des éléments, démontage des composants
- type d'accessibilité: pour l'entretien, pour la réparation, pour le démontage et le déplacement, pour le démontage et l'adaptation, ...
- type de réutilisation: réutilisation directe, réutilisation par adaptation mineure, réutilisation par refabrication, recyclage de haute qualité, ...

L'équipe de conception démonte sur base de détails techniques, de variantes, de manuels de montage et démontage, ... comment cela sera matérialisé (choix des systèmes et des produits, ordre de [dé]montage, ...)

Vous pouvez copier plusieurs fois les blocs de stratégies repris dans cet onglet afin de procéder à une évaluation pour chacun des éléments et connexions souhaités. Pour ce faire, il faudra temporairement ôter la protection de la feuille (cliquez révision > ôter la protection de la feuille). Copiez et collez les rangées complètes. Puis réactivez la protection de la feuille.

Description des objectifs par le maître d'ouvrage:

Approche proposée par l'équipe de conception:

offre

avant-projet

conception définitive

dossier d'adjudication

réception provisoire

réception définitive

STRATÉGIES - COMPOSITION DE L'ÉLÉMENT (CONNEXION ENTRE LES COUCHES /COMPOSANTS)

Dérivez l'élément ici: p. ex. dalle sur terre-plein

1. INDEPENDANCE
2. RÉVERSIBILITÉ DES CONNEXIONS
3. SIMPLICITÉ ET STANDARDISATION
4. PURETÉ

copiez les lignes de ce bloc

STRATÉGIES - CONNEXION ENTRE LES ÉLÉMENTS

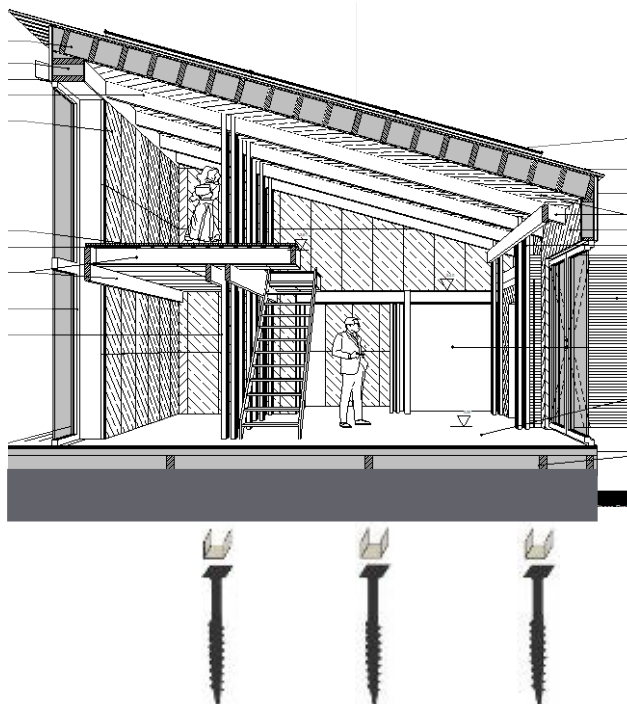
Dérivez la connexion ici: p. ex. dalle-façade

1. INDEPENDANCE
2. RÉVERSIBILITÉ DES CONNEXIONS
3. SIMPLICITÉ ET STANDARDISATION

copiez les lignes de ce



BRIC



BIO-BASED
MATERIAL



RECYCLABLE
MATERIAL



RECYCLED
MATERIAL



RECLAIMED
MATERIAL



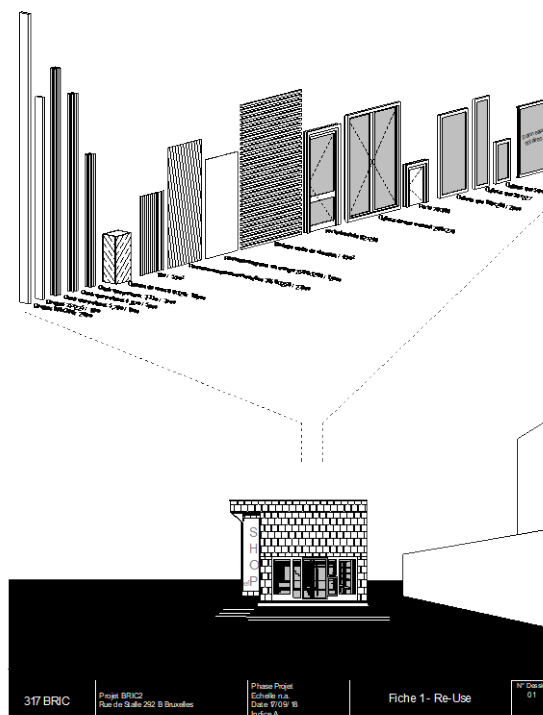
BRIC



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur – BAMB



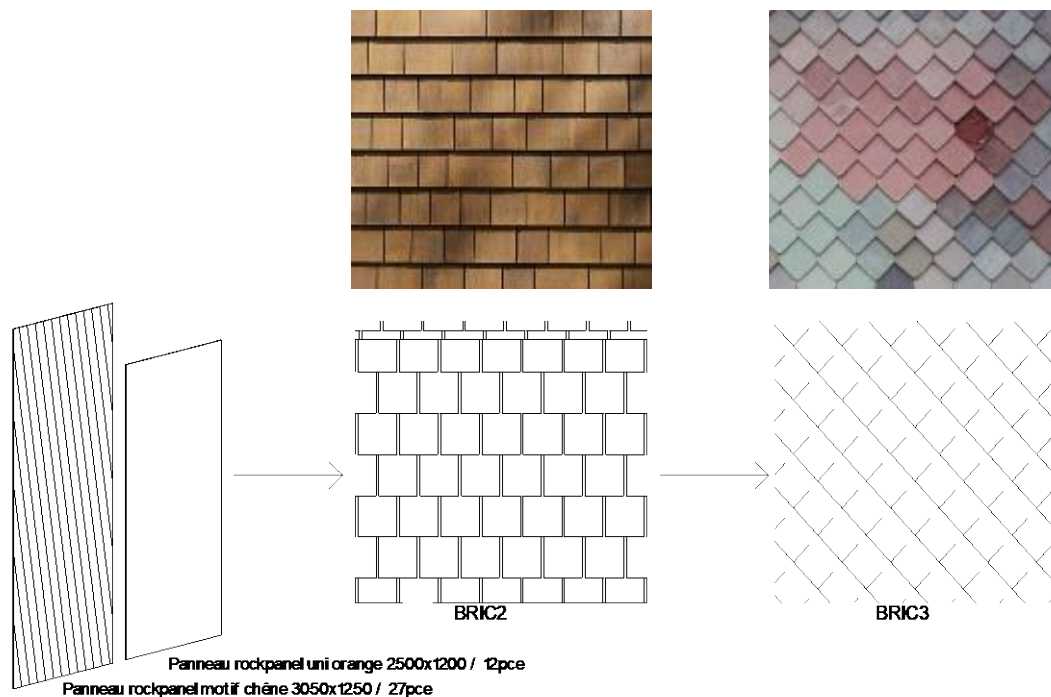
BRIC – DÉMONTAGE ET INVENTORISATION DES MATÉRIAUX



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur – BAMB



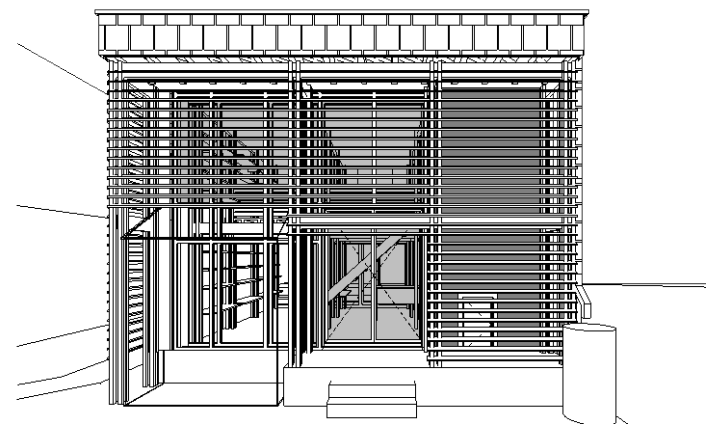
BRIC – REMANUFACTURATION PERMETTANT PLUS DE LIBERTÉ ARCHITECTURALE



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur – BAMB



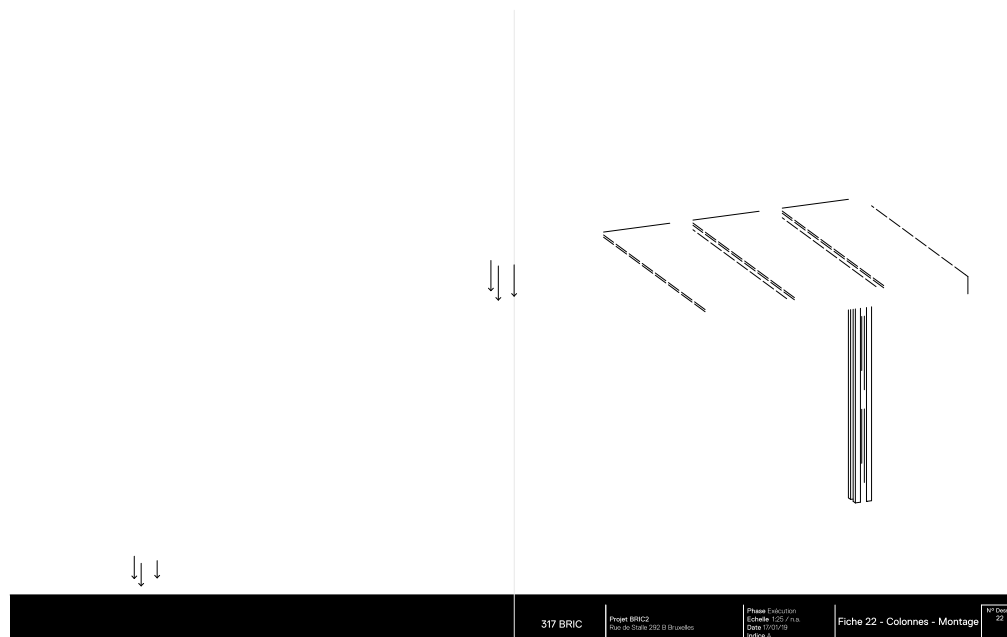
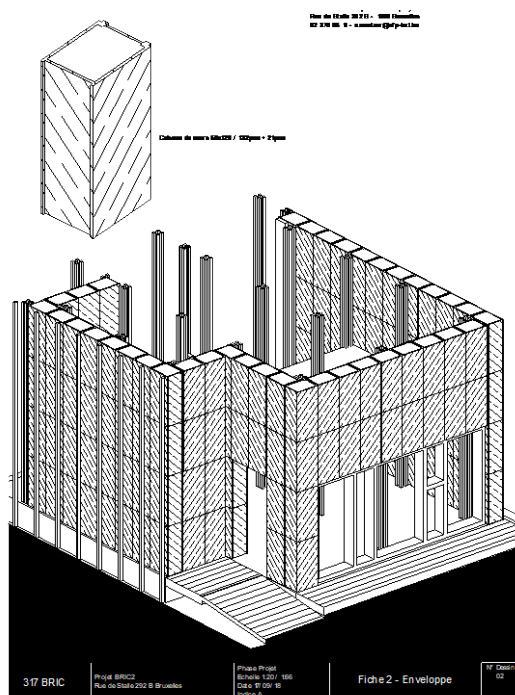
BRIC – INTÉGRATION REVERSIBLE DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur – BAMB



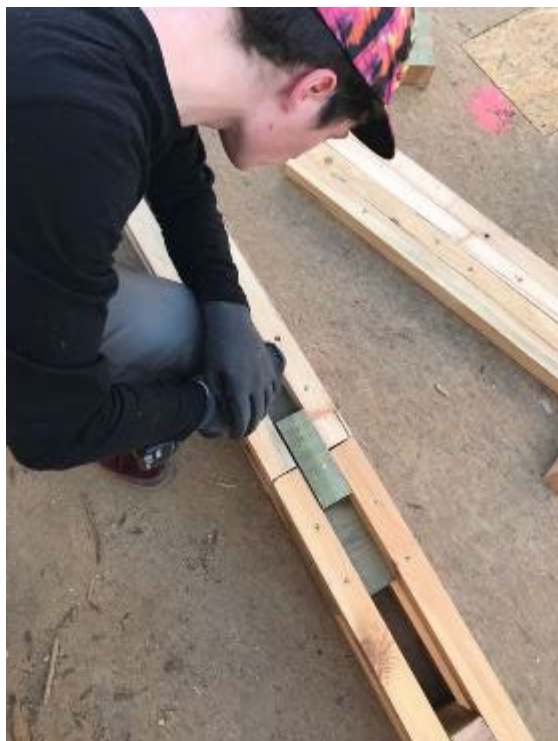
BRIC II – RECONFIGURATION DES ÉLÉMENTS RÉVERSIBLES



Source: Bruxelles Environnement; Karbon – BAMB



BRIC II – ADAPTATION DES ÉLÉMENTS STRUCTURELS



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur; – BAMB

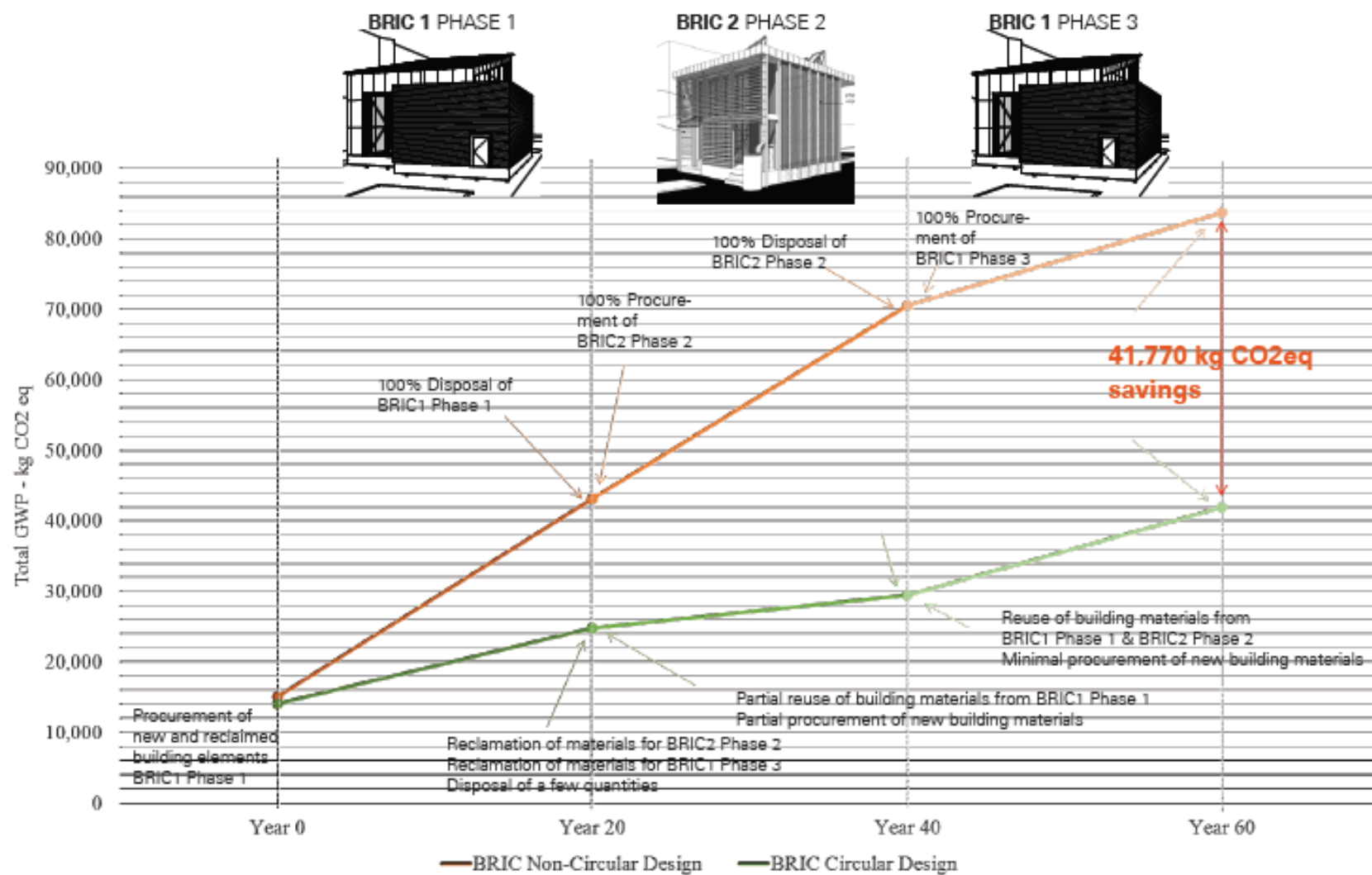


BRIC II



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur; – BAMB

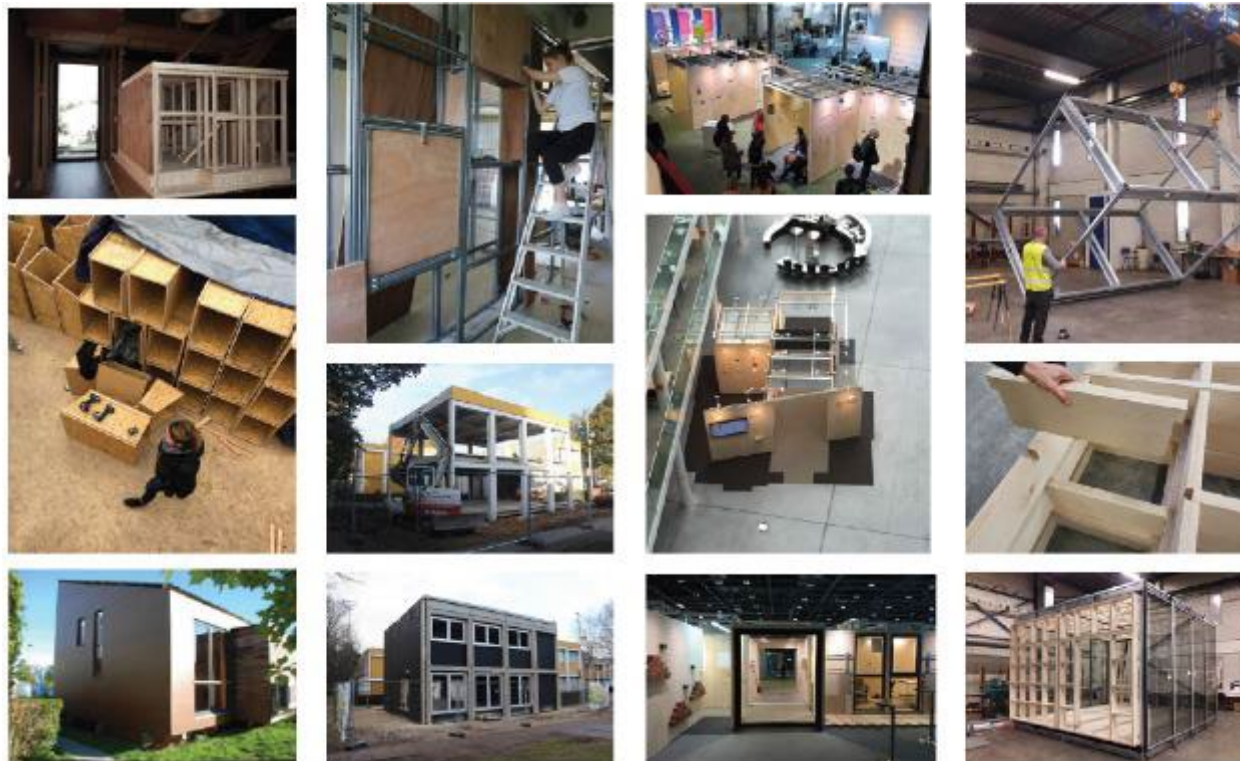


BRIC - IMPACT DE LA CONCEPTION RÉVERSIBLE SUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS CO₂ EQ

Source: BAMB



**Réduction
de
75 à 90%
de la
production
des déchets**



**Réduction
jusqu'à 50%
des
émissions
de GES !**

Source: BAMB





- ▶ La conception réversible des bâtiments comprends deux volets
 - la Réversibilité spatiale
 - la Réversibilité technique
- ▶ La conception réversible des bâtiments est à prendre en compte dès la première esquisse
- ▶ Afin de concevoir un bâtiment permettant une réversibilité spatiale il est important d'anticiper différents scénarios d'utilisation
- ▶ La réversibilité spatiale comprend 4 catégories d'indicateurs qui soutiennent l'adaptabilité et la transformabilité des bâtiments :
 1. Les dimensions;
 2. les relations et interdépendances;
 3. la position des éléments les plus fixes;
 4. la capacité de la structure porteuse et des éléments 'noyau'.
- ▶ La réversibilité technique comprend 8 indicateurs qui soutiennent un démontage et une réutilisation des systèmes, des produits et des matériaux
- ▶ La conception réversible permet de drastiquement réduire l'impact environnemental et financier des bâtiments.



Guide bâtiment durable

- Guide bâtiment durable

[Dossier | Construire réversible et circulaire](#)

[Dossier | Réemploi](#)

Sites internet

- H2020 Projet BAMB

<http://www.bamb.2020>

- Bruxelles en transition vers une économie circulaire

<https://www.circulareconomy.brussels/>

- Plateforme Opalis

<https://opalis.eu/fr/documentation>

- Projet Interreg NWE FCRBE

Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements

<http://www.nweurope.eu/fcrbe>

- TOTEM

Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials

<https://www.totem-building.be/>



Caroline HENROTAY

Ingénieur gestionnaire de projet
Bruxelles Environnement

☎ + 32 2 775 79 44

✉ chenrotay@environnement.brussels



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

