

## 18. Autres sujets en énergie

### 18.4 – Passive House

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

*Groupe t3e, Département de génie mécanique*

Roody St-Pierre, ing, M.Sc

Frédéric Coulombe, ing, M.Sc

David Mercier, ing



# Plan de la présentation

- Introduction et Objectifs
- Approches distinctes
- Origines de la maison passive
- Principes de base
- Certification
- Passive House dans le monde
- Conclusion

# Plan de la présentation

- ***Introduction et Objectifs***
- Approches distinctes
- Principes et éléments de base
- Certification
- Passive House dans le monde
- Conclusion

# Introduction

- En bref :

[Passive House Explained in 90 Seconds](#)

# Introduction

- Autres vidéos :
  - [Insulation and Airtightness - Passive House Series](#) 3min27 à 4min52
  - <https://www.youtube.com/watch?v=CasrjYhZB1M>
  - <https://www.youtube.com/watch?v=uKEA9Dw3cb0>
  - <https://www.passivehousecanada.com/video-library/>
- MOOC – La maison passive :
  - Bâtiment passif et bas carbone : l'approche globale par le BIM
  - [www.mooc-batiment-durable.fr](http://www.mooc-batiment-durable.fr)

# Introduction

- Objectifs :
  - Présenter le standard de construction éco-énergétique *Passive House*;
  - Comprendre par quels moyens il est possible de diminuer la consommation des bâtiments.

# Plan de la présentation

- Introduction et Objectifs
- ***Approches distinctes***
- Principes et éléments de base
- Certification
- Passive House dans le monde
- Conclusion

# Question

- Quelle est la réduction des charges de chauffage et de climatisation offerte par une Passive House par rapport à un bâtiment standard (à 5% près) ?  
  
A. 10 %  
B. 30 %  
C. 50 %  
D. 70 %  
E. 90 %



ENR2020

# Approches distinctes

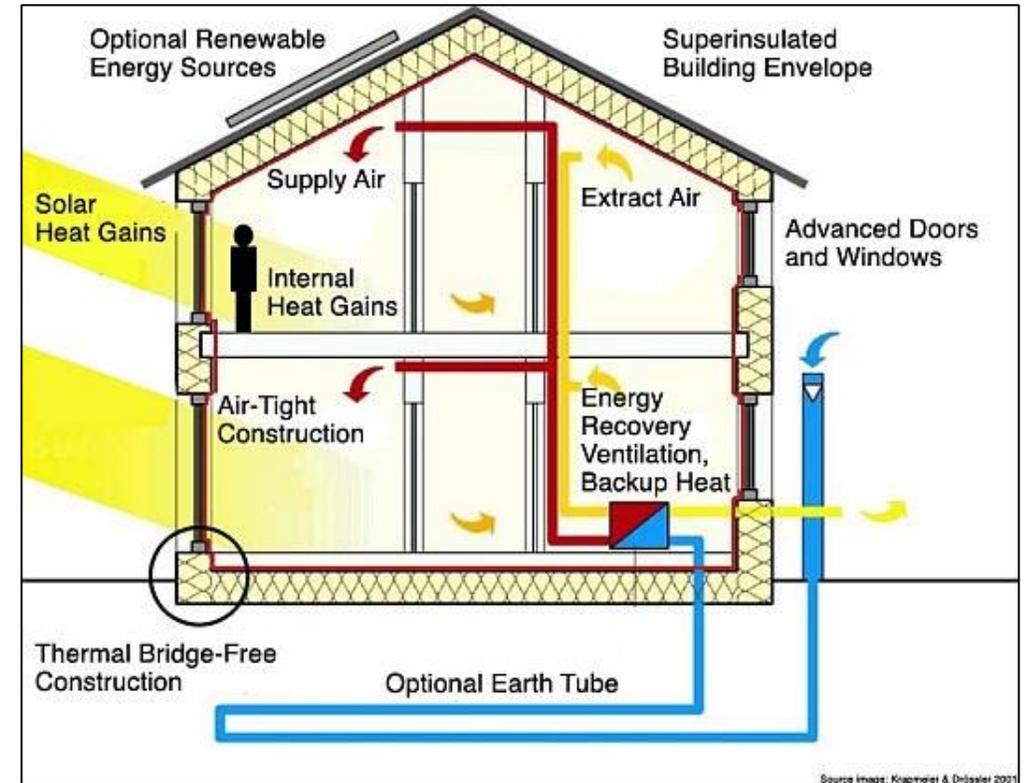
- Maison passive - généralités :

- Avantages

- Indépendance énergétique
- Confort thermique accru
- Maison reste habitable en cas de panne
- Pas d'équipement de chauffage (\$\$)
- Climatisation optionnelle

- Désavantages

- Environ 5-10% de coûts supplémentaires pour la construction ([passipedia.org](http://passipedia.org))
- Beaucoup de documentation à remplir



# Approches distinctes

LEED

*Réduire (E + Déchets + Eau + Toxicité)*

≠

Net Zero-Energy Building

*Consom. + Prod. = 0 kWh/an*

≠

Passive Solar House

*Chauffage solaire seulement*

≠

Passive House Standard

*Consommation E quasi-nulle*

# Approches distinctes

- Bâtiment LEED :
  - « Leadership in Energy and Environmental Design »
  - Standard américain reconnu dans 160 pays
  - Certification basée sur un système de pointage
    - Recyclage des matériaux
    - Économies d'énergie & eau
    - Réduction des émissions de CO2
    - Incorporation de toits verts (îlots de chaleur)
  - Niveau selon pointage: Certifié, Argent, Or, Platine
  - CaGBC: 2800 bâtiments certifiés depuis 2004

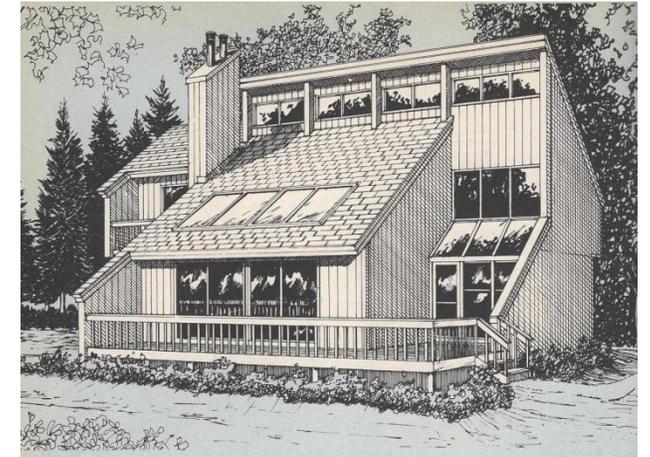


# Approches distinctes

- Net Zero-Energy Building (NZEB) :
  - Consommation – Production  $\leq 0$  kWh/m<sup>2</sup>-a
  - Petit cousin: Nearly Zero-Energy Building
  - Consommation: Méthodes similaires au Passive House
  - Production: ER seulement, habituellement du PV
  - Plusieurs définitions (Site, Source, Coût, Émissions)
  - CE 2012: 75 approches recensées dans 17 pays
  - Certification disponible depuis 2013:
    - Net Zero-Energy Building Certification (International Living Future Institute) avec audit énergétique

# Approches distinctes

- Passive Solar House :
  - Principes de conception popularisés dans les années 70
  - Utilisation des gains solaires et de la masse thermique
  - Pas de mesures, pas de standard, pas de certification
  - Défauts rencontrés
    - Mauvaise étanchéité
    - Surchauffe en été
    - Économies pas toujours au rendez-vous



**A distinguer de la « Passivhaus » ou maison passive, sujet de cette présentation**

# Approches distinctes

- Passive House (PassivHaus) :
  - Un standard de construction géré par un institut privé allemand, le Passive House Institute
  - Réduction de 90% des charges de chauffage et climatisation par rapport à un bâtiment typique
  - Basé sur une combinaison de méthodes
    - Super-isolation
    - Haute étanchéité à l'air
    - Les gains solaires et internes sont utilisés
    - Ventilateur récupérateur de chaleur efficace
  - Critères de certification: Énergie seulement



# Approches distinctes

- Passive House (PassivHaus) :
  - Début des années 90 le professeur Bo Adamson (Suède) et le Dr Wolfgang Feist (Allemagne) mettent en place le standard de construction Passivhaus.
  - En 1996, le Dr Wolfgang Feist fonde le Passivhaus Institut à Darmstadt en Allemagne.



# Plan de la présentation

- Introduction et Objectifs
- Approches distinctes
- ***Principes et éléments de base***
- Certification
- Passive House dans le monde
- Conclusion

# Question

- Selon la norme ISO 13790, quels éléments de la maison sont responsables des pertes énergétiques les plus importantes ?
  - A. Les murs extérieurs
  - B. Le sol
  - C. Le toit
  - D. Les fenêtres orientées vers le Nord
  - E. Les fenêtres orientées vers le Sud



ENR2020

# Principes et éléments de base

- Critères :
  - Chauffage: Max 15 kWh / m<sup>2</sup>-an ou 10 W/m<sup>2</sup>
  - Climatisation: Max 15 kWh/m<sup>2</sup>-an ou 10 W/m<sup>2</sup>
  - Étanchéité: Max 0.6 ch. air/h à 50 Pa
  - Énergie renouvelable primaire: Max 60 kWh/ m<sup>2</sup>-an
- La certification est basée sur les résultats de calcul du logiciel PHPP (Passive House Planning Package) distribué par PHI.  
(260\$)
  - Bilan énergétique



# Principes et éléments de base

- 3 certifications possibles par le PHI :
  - PassivHaus (original)
  - EnerPHit (critères adaptés aux projets rétrofit)
  - PHI Low Energy (critères moins exigeants)

Table 5 PHI Low Energy Building criteria

				Criteria <sup>1</sup>	Alternative Criteria <sup>2</sup>
<b>Heating</b>					
Heating demand	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤		30	
<b>Cooling</b>					
Cooling + dehumidification demand	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤		Passive House requirement <sup>3</sup> + 15	
<b>Airtightness</b>					
Pressurization test result n <sub>50</sub>	[1/h]	≤		1.0	
<b>Renewable Primary Energy (PER)<sup>4</sup></b>					
PER demand <sup>5</sup>	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤		75	Exceeding the criteria up to +15 kWh/(m <sup>2</sup> a) is permitted... ...with compensation of the above deviation by additional generation
Renewable energy generation <sup>6</sup> (with reference to projected building footprint)	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≥		-	

# Principes et éléments de base

- Isolation :
  - Le toit et les murs extérieurs comptent pour 70% des pertes de chaleur d'un bâtiment (PHI)
  - PassivHaus typique:  $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; RSI 6,67 [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]; R-38
  - Il ne faut pas économiser sur la quantité d'isolant
  - Ce n'est pas la masse thermique qui compte

U-value $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	heat loss rate $\text{W}$	annual heating losses $\text{kWh}/\text{yr}$	annual costs external wall only $\text{€}/\text{yr}$
1.250	4,125	9,750	644.00
0.125	412	975	64.00

# Principes et éléments de base

- Isolation :
  - Pas de contrainte sur la nature de l'isolant

material	thermal conductivity <i>W/mK</i>	thickness required for U=0.13 <i>W/(m²K)</i> <i>m</i>
reinforced concrete	2.3	17.30
solid brick	0.80	6.02
perforated brick	0.40	3.01
softwood	0.13	0.98
porous brick, porous concrete	0.11	0.83
<b>straw</b>	<b>0.055</b>	<b>0.41</b>
<b>typical insulation material</b>	<b>0.040</b>	<b>0.30</b>
<b>high-quality conventional insulation material</b>	<b>0.025</b>	<b>0.19</b>
<b>nanoporous super-insulating material normal pressure</b>	<b>0.015</b>	<b>0.11</b>
<b>vacuum insulation material (silica)</b>	<b>0.008</b>	<b>0.06</b>
<b>vacuum insulation material (high vacuum)</b>	<b>0.002</b>	<b>0.015</b>

# Principes et éléments de base

- Isolation :

$$Q = U * A * \Delta T$$

- U = coefficient de transfert global [W/m<sup>2</sup>K]
- R = résistance thermique globale [m<sup>2</sup>K/W]
- R= 1/U ... mais R est habituellement exprimé en unités impériales
- 1 [m<sup>2</sup>K/W] = 5.68 [h-ft<sup>2</sup>-°F/BTU]
- Requis nominal du Code canadien :
  - murs R-20 (Effectif R-14 = 0.4 W/m<sup>2</sup>K)

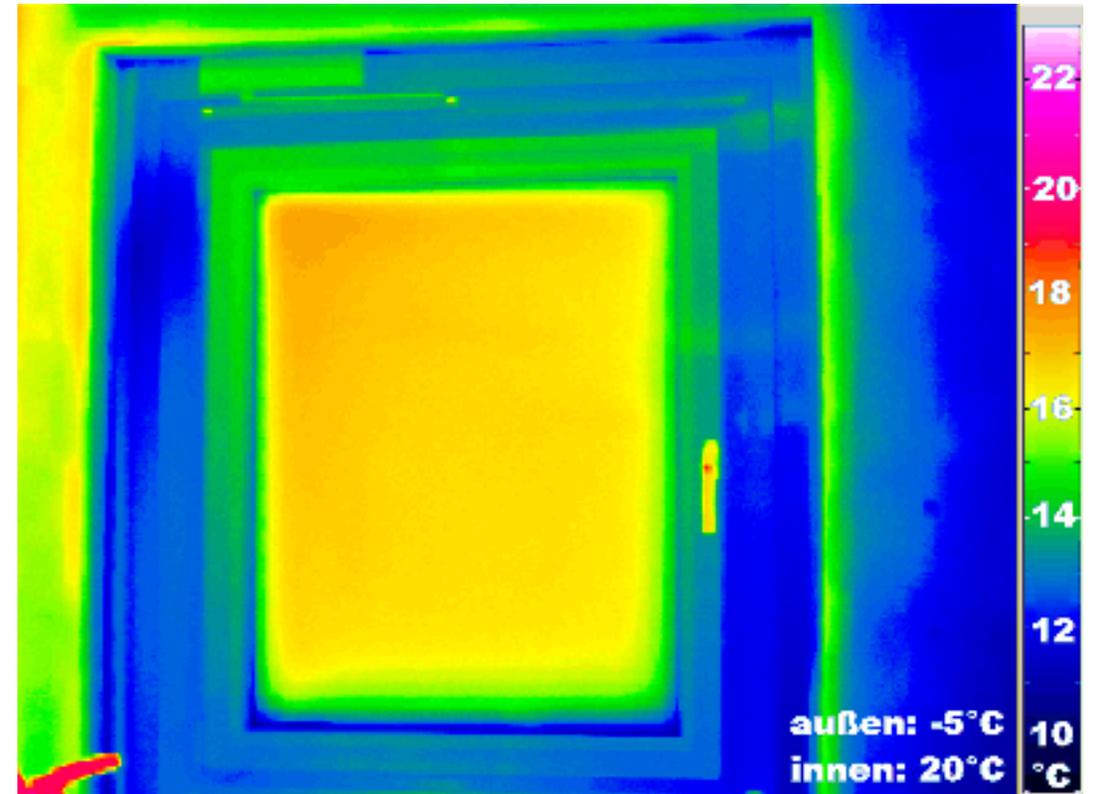
# Principes et éléments de base

- Fenêtres :
  - Triple vitrage souvent nécessaire
  - Argon scellé (faible conductivité)
  - Low-e (faible émissivité)
  - Conception sans pont thermique

Résultat :  
0.5 and 0.8 W/(m<sup>2</sup>K)  
R-7 à R-11 (système impérial)

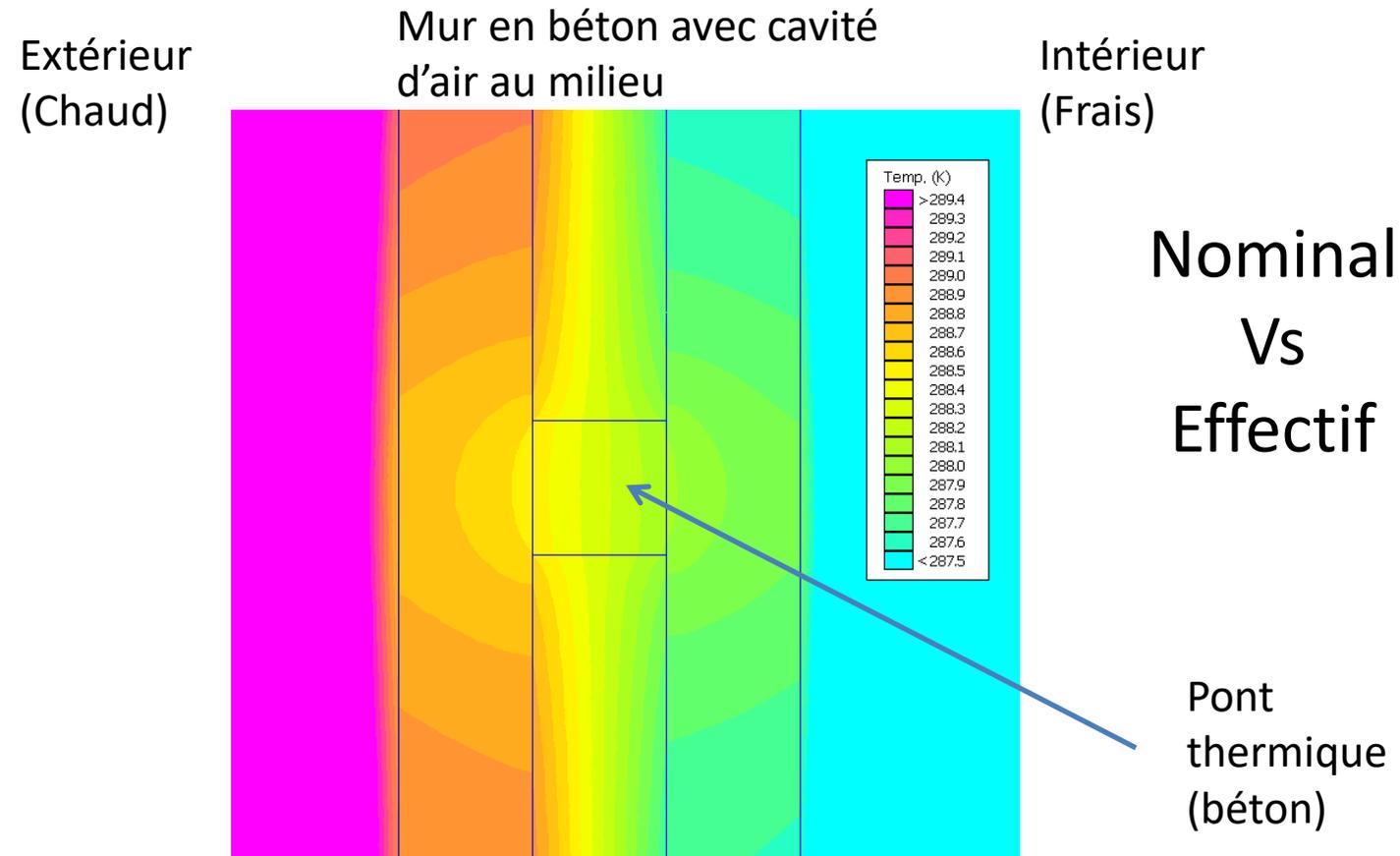


+ U-value 0.125 / R-value 8.0



# Principes et éléments de base

- Pont thermique à éviter :



By Zureks - Own work, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10775234>

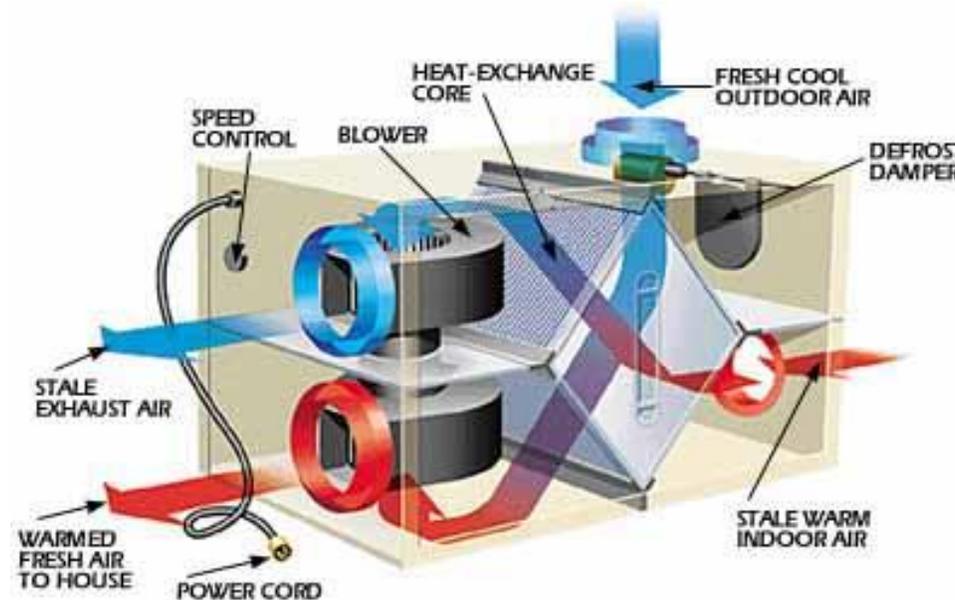
# Principes et éléments de base

- Étanchéité :
  - Haute étanchéité (ACH < 0.6 @ n50)
  - Nouvelles constructions au Canada: 1.9 – 4.3 ACH @ n50
  - Test d'étanchéité (blower door test)



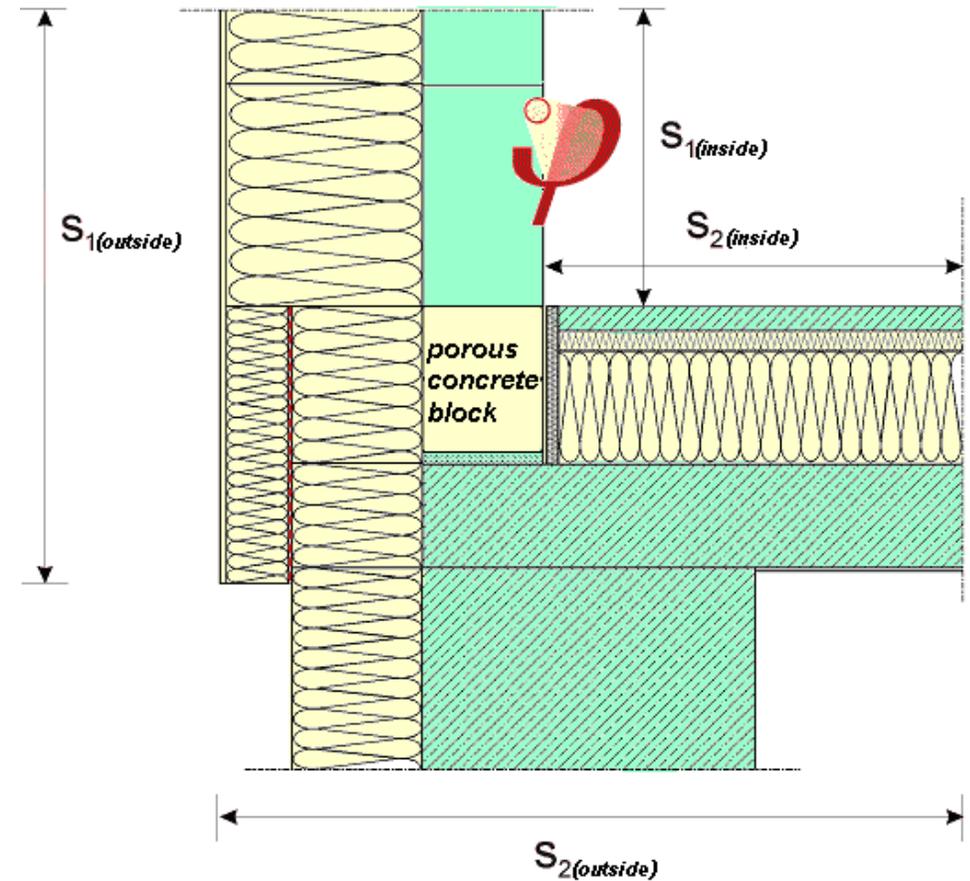
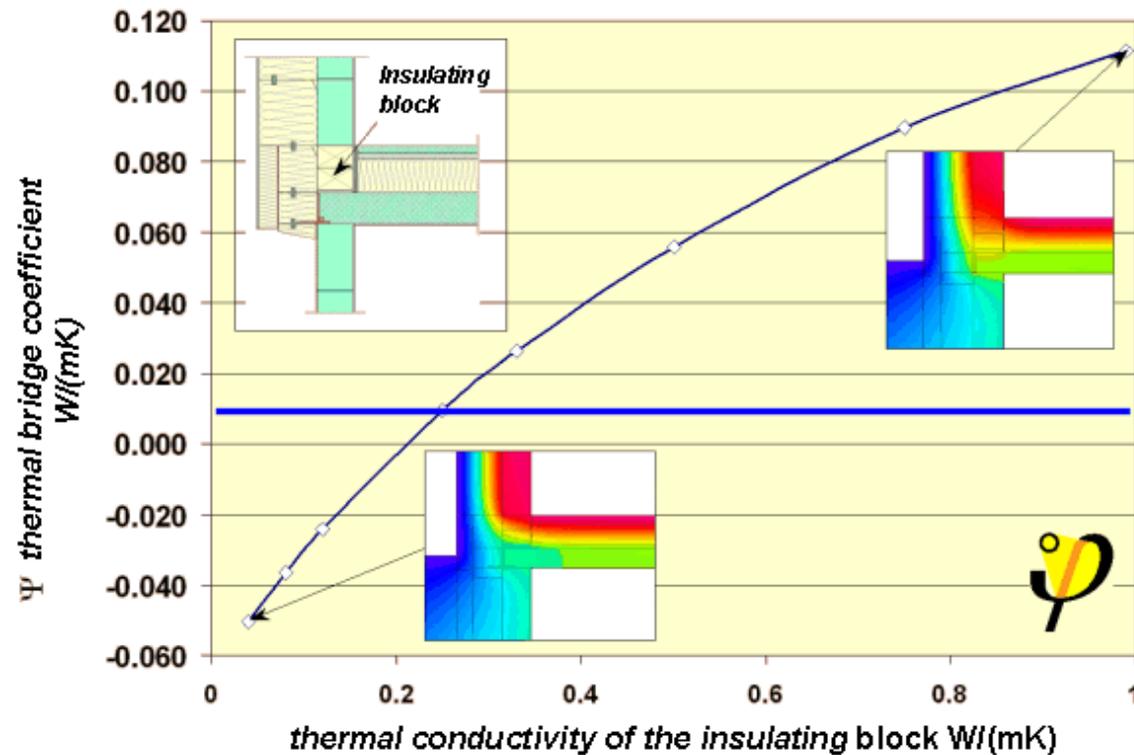
# Principes et éléments de base

- Ventilateur récupérateur de chaleur :
  - Requis:  $\eta > 75\%$  et  $0.45 \text{ Wh/m}^3$
  - Essentiel pour éviter la condensation et les moisissures
  - Appoint de chauffage par le système de ventilation



# Principes et éléments de base

- Fondations
  - Forte isolation sous la dalle de béton
  - Éviter les ponts thermiques



# Principes et éléments de base

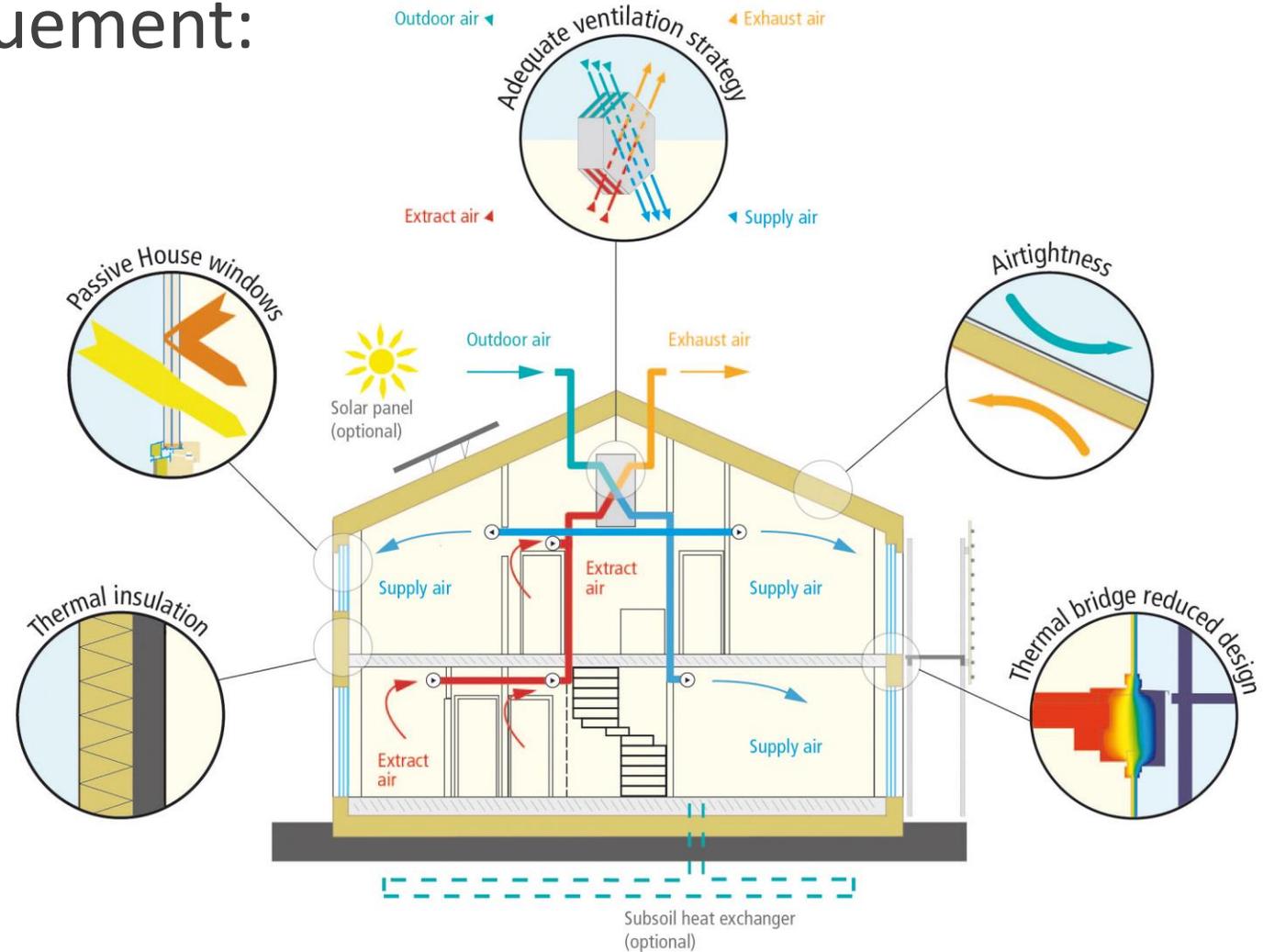
- Préchauffage géothermique :
  - puits canadien de la bibliothèque Raymond-Lévesque
    - 1,2 m de diamètre
    - Longueur de 60 m
    - Selon la saison, ajoute ou retranche 7°C à la température de l'air neuf



Bibliothèque Raymond-Lévesque - Longueuil  
<http://www.sabmagazine.com/blog/2012/07/26/2012-sab-awards-winning-project-bibliotheque-raymond-levesque-st-hubert-qc/>

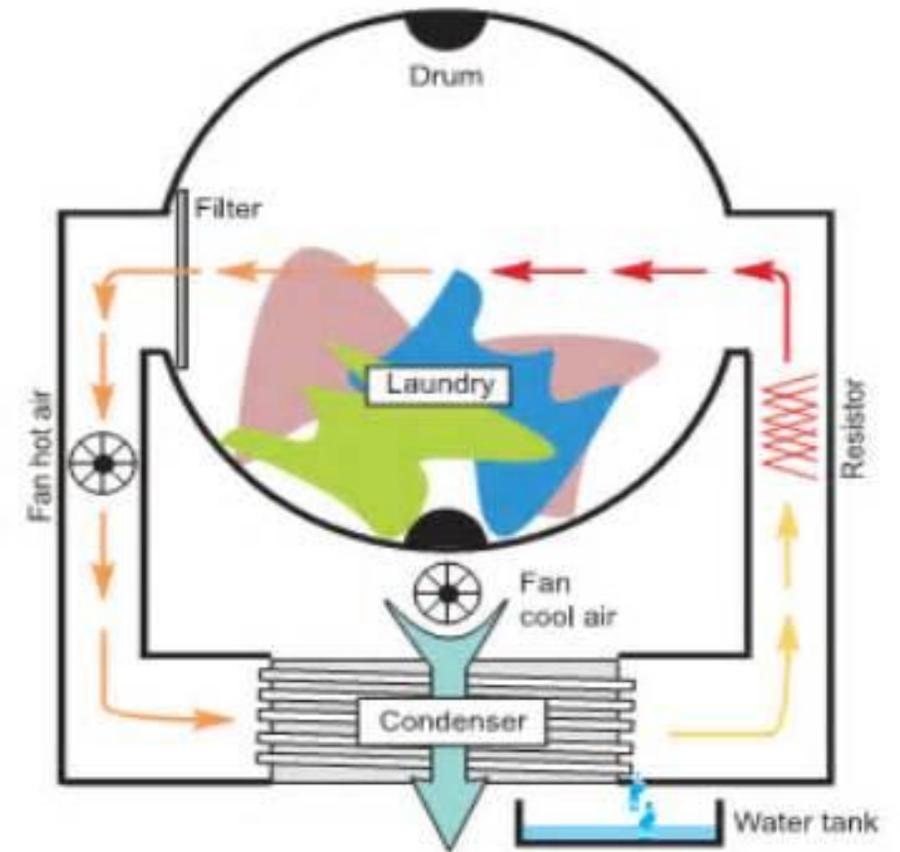
# Principes et éléments de base

- Schématiquement:



# Principes et éléments de base

- Machines éco-énergétiques : sèche-linge à condensation ?
  - "condenser dryer"
  - PAC possible
  - Coût plus élevé
  - Moins énergivore
  - Pas de sortie d'air
- Le fil à linge reste plus économe.



# Activité

- Comparez sommairement les frais de chauffage d'une maison novoclimat et d'une passiv haus (données page suivante)
  - Durée : 20 minutes
    - Travail personnel : 5 minutes (formulation d'une réponse écrite)
    - Travail en équipes : 5 minutes (formulation d'une réponse écrite)
    - Plénière : 5 minutes (présentation des solutions par équipes)
    - Synthèse : 5 minutes

# Activité

- Comparez sommairement les frais de chauffage d'une maison novoclimat et d'une passiv haus à Montréal
  - Résistance thermique doublée  $U_{ph} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  vs  $U_{nc} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Géométrie simplifiée : parallélépipède de 15m x 10 m x 6 m
  - Infiltration  $CA_{ph} = 0,01 \text{ CAH}$  vs  $CA_{nc} = 0,04 \text{ CAH}$
  - VRC, récup ph = 80%, nc = 66%, débit = 100 m<sup>3</sup>/h
  - Climat de Montréal
  - Chauffage électrique à 0,08 \$/kWh (moyenne)

# Plan de la présentation

- Introduction et Objectifs
- Approches distinctes
- Principes et éléments de base
- ***Certification***
- Passive House dans le monde
- Conclusion

# Certification

- Qui peut donner la certification ?
  - PHI directement
  - ou un « Passive House Institute accredited Building Certifiers »
  - N'importe qui peut soumettre, mais PHI recommande de faire affaire avec un consultant
- Pour les requis détaillés de la certification, voir le site web d'un certificateur canadien (Certification Submission Package)

<http://www.peelpassivehouse.ca/passive-house-building-certification.html>

Le secret de la réussite repose dans la planification et la mise en œuvre minutieuse



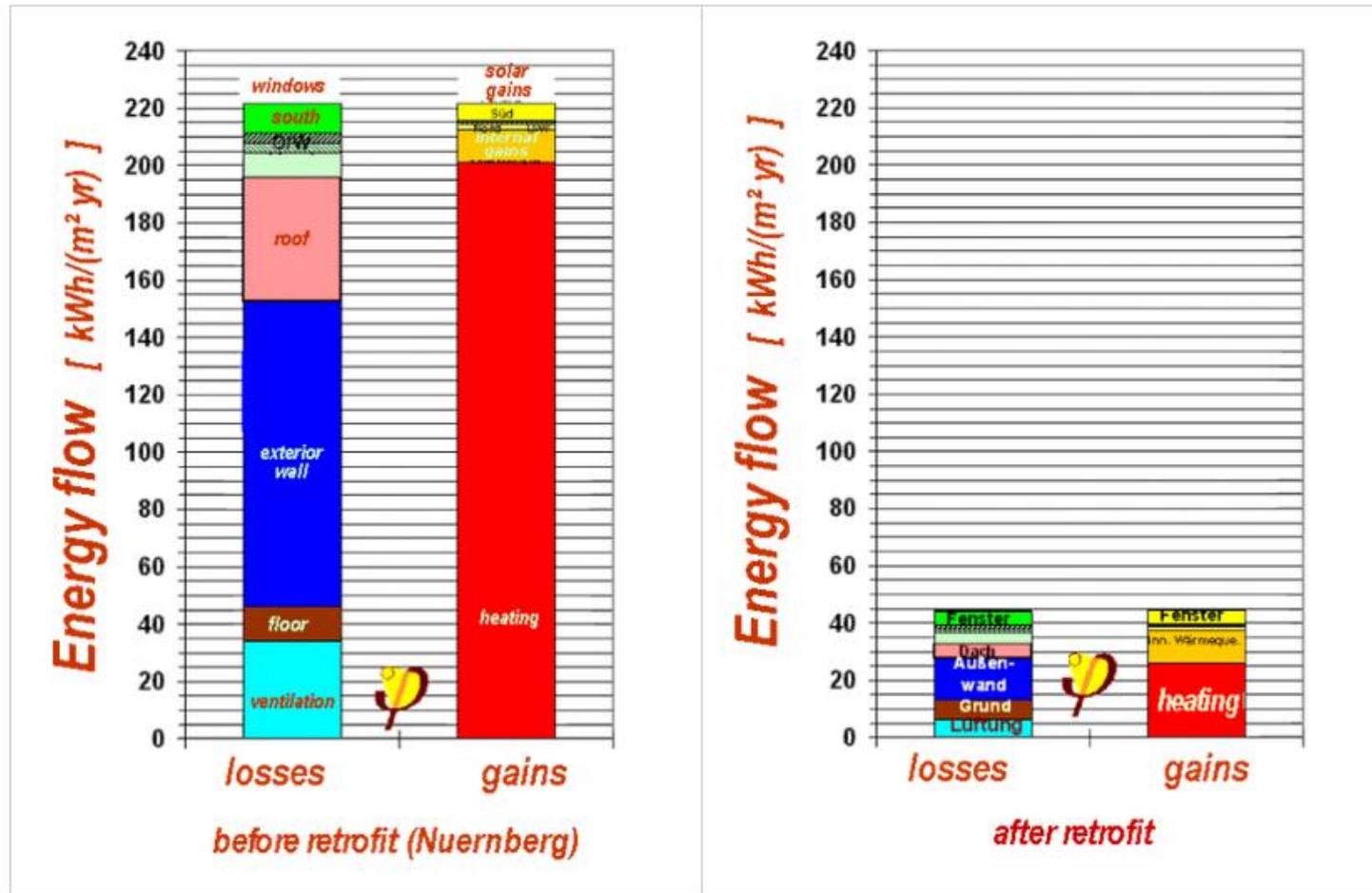
# Certification

- Matériaux spécifiques et certifiés
  - Portes, fenêtres, châssis
  - Ventilateur récupérateur de chaleur (VRC)
  - Joints d'étanchéité
  - Sèche-linge à condensation
  - Isolants
- Techniques de construction et d'assemblage



# Certification

- Rétrofit, comment faire?



passipedia.org

# Plan de la présentation

- Introduction et Objectifs
- Approches distinctes
- Principes et éléments de base
- Certification
- ***Passive House dans le monde***
- Conclusion

# Question

- Quelle ville allemande ordonne la construction de tous ses bâtiments municipaux selon le modèle Passive House depuis 2007?  
  
A. Berlin  
B. Cologne  
C. Francfort  
D. Hambourg  
E. Munich



ENR2020

# Passive House dans le monde

- Bien implantée en Europe :



# Passive House dans le monde

- Principalement les pays du centre et du nord de l'Europe
- En 2012, environ 30 000 constructions à travers le monde dont un peu plus de 16 000 seulement en Allemagne
- “The Energy Performance of Buildings Directive requires all new buildings to be nearly zero-energy by the end of 2020. All new public buildings must be nearly zero-energy by 2018.”

# Passive House dans le monde

- Francfort en Allemagne
  - Plus de 1000 maisons construites selon le standard
  - Depuis 2007, tous les bâtiments municipaux sont construits selon Passive house
  - Tous les bâtiments construits sur des terrains achetés à la Ville doivent être selon Passive house

# Passive House dans le monde

- 32 bâtiments certifiés au Canada par PHI
- 5 par PHIUS (principalement des aéroports):
- La maison autrichienne construite à Whisler pour les jeux olympiques 2010.



Passive House Institute US



# Passive House dans le monde

- Jumelé construit à Ottawa (2010) par VERTDesign (aussi certifié maison LEED platine).
  - A perdu sa certification européenne en 2012 parce que PHI ne reconnaît plus les certifications de PHIUS.



# Passive House dans le monde

- Maison construite à Wakefield, Qc (2005-2006) selon le standard, mais n'a pu être certifiée. En 2009, la consommation énergétique était 70% inférieure au CMNEB. La maison atteint cependant le standard 'Low Energy' de l'institut.



150 m<sup>2</sup> (1700 pi<sup>2</sup> brutes)  
25 kWh/m<sup>2</sup>-a  
3677kWh/an (312\$)

# Passive House dans le monde

- Maison unifamiliale à Mont-Tremblant



150 m<sup>2</sup> (1800 pi<sup>2</sup>)  
Matériaux conventionnels  
Pas de climatisation  
Fenêtres européennes  
Murs R-66  
11.8 kWh/m<sup>2</sup>  
0.16 ACH@50pa  
Puissance de chauffage: 2000W  
Chauffage: 1793 kWh/an (152\$)  
Coût de fabrication: 167\$/pi<sup>2</sup>  
(300 600\$)

Spécifications complètes:

<http://www.passivehouse.ca/project/maison-bombardier>

# Passive House dans le monde

- Formations :
  - LEED Green Associate:
    - Cours CaGBC: 765\$ (Montréal, 23 nov)
    - Examen: 250\$ (100\$ étudiant)
  - LEED Spécialisation: 250\$
  
  - Certified Passive House Designer (1400\$)



# Plan de la présentation

- Introduction et Objectifs
- Approches distinctes
- Principes et éléments de base
- Certification
- Passive House dans le monde
- ***Conclusion***

# Conclusion

- Plusieurs visions du bâtiment écologique
- La maison passive se distingue des autres certifications
- Certification bien établie
- Technologie mature en implantation
- Amérique du Nord en retard sur l'Europe



**Merci de votre attention !**

Lorsque cette capsule de formation est présentée en asynchrone (PDF récupérable sur le site du cours), si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

# Période de questions

